E 2039

R 1985 MAJ 0 3

MW 1

REFERALVA

100 de ani de energetică românească

Energia

Cuprinsul

GEORGE MARINESCU : **Rata de actualizare și consumul total de resurse** 1

CONSTANTIN BUZATU: **Optimizarea proiectării sculelor așchietoare din punctul de vedere al consumului minim de energie electrică în procesul de prelucrare** (cu prezentare în limba engleză) 8

LIVIU CANCIU, NICOLAE OPRIȘIU, CONSTANTIN ZAMFIRA : **Determinarea timpului de demaraj al unei acționări cu motor asincron trifazat prevăzut cu autotransformator bifazat de pornire** 11

ȘERBAN COTENESCU : **Posibilități de economisire a energiei, rezultate din cercetare, la un cuptor electric cu arc de 100 t pentru elaborarea oțelurilor, proiectat să lucreze în regim UHP** (cu prezentare în limba engleză) 14

GABRIEL ROMAȘCU, ANTON ROȘU : **Preîncălzitoare de aer cu țevi de sticlă** 25

CORNELIU UNGUREANU, PAUL DAN OPRIȘA: **Unele aspecte ale arderii șistului bituminos de Anina în focarele puternic ecranate ale generatoarelor de abur** (cu prezentare în limba engleză) 32

EUGENIU PAVEL, VICTOR ROMERT : **Probleme actuale și de perspectivă ale sistemului electroenergetic românesc** 36

INVENȚII — INOVAȚII 41

CRONICĂ 43

VOLUMUL XXXIII
BUCUREȘTI
IANUARIE 1985

energetica

24 6 12 8

FOLOSIȚI CU INCREDERE INHIBITORUL DE COROZIUNE TRIAV-M

TRIAV-M este un compus chimic pe bază de amine terțiare și tiozoli.
TRIAV-M se utilizează la spălarea chimică, pentru punerea în funcțiune a cazanelor de abur din termocentrale.
TRIAV-M protejează toate tipurile de oțeluri din componența cazanelor de abur, care vin în contact cu soluții de acid sulfuric.

Caracteristicile fizico-mecanice

Caracteristicile produsului	Condiții de admisibilitate
- culoarea	roșu-brun
- viscozitatea	2,8 CP la 110°C
- pH	7,5-8
- temperatura de fierbere	110°C
- substanță activă	50%

TRIAV-M este produs de ICEMENERG - SSPMT ca urmare a cercetărilor efectuate de Secția Cercetări de chimie în energetică, este omologat și verificat în practică cu foarte bune rezultate.
TRIAV-M se livrează pe bază de comandă fermă pentru o cantitate minimă de 60 kg, la prețul de 56,50 lei/kg.

ICEMENERG

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

ANUL 33 Nr. 1 Ianuarie 1985

Energetică generală, orientări în energetică

Influenţa mărimii normate a ratei de actualizare asupra consumului de resurse al investiţiilor

Ing. George Marinescu *

Descriptori : rata de actualizare, cheltuieli totale actualizate (criteriu), consum total actualizat de resurse, consum total real de resurse

Calculele economice efectuate cu ajutorul criteriilor bazate pe tehnica actualizării sînt influenţate de mărimea ratei de actualizare în asemenea măsură încît la diverse mărimi ale acesteia se poate inversa ordinea de clasare a variantelor analizate.

Rata de actualizare, ca element de calcul care defineşte strategia de dezvoltare a ramurii, oferă, în funcţie de mărimea ei, posibilitatea unor opţiuni în alegerea variantelor, diferenţiate între ele după mărimea consumurilor totale de resurse. Atribuind acestei rate valori mai mari, vom acorda prioritate variantelor cu cheltuieli de investiţii mici şi cheltuieli anuale mari şi invers, la valori mici ale ratei vom promova variantele cu investiţii mai mari şi cheltuieli anuale reduse. Prin utilizarea ratei de actualizare se creează însă o imagine deformată asupra consumului total [1]) de resurse, cu atît mai accentuată cu cît sînt mai mari rata folosită şi intervalul de timp la care se actualizează aceste consumuri.

Dacă vom nota, pentru un obiectiv oarecare, consumul mediu anual de resurse [2]) necesar execuţiei cu $i = I/d$ şi consumul anual necesar funcţionării cu „C", se poate determina consumul total (real) de resurse (CTR) cu relaţia :

$$CTR = d.i + D(C + P), \qquad (1)$$

în care s-a notat cu :

I — cheltuielile de investiţii ;

P — valoarea anuală de calcul al daunelor la consumatori, de exemplu ca urmare a întreruperilor în alimentarea cu energie electrică şi termică ;

D — durata de viaţă (funcţionare) a obiectivului.

Variantele selecţionate pe baza criteriului cheltuieli totale actualizate (CTA) au un consum total de resurse cu atît mai mare cu cît este mai mare rata de actualizare. Mărimea ratei de actualizare influenţează şi ponderea consumurilor de resurse necesare execuţiei şi producţiei în consumul total actualizat. În tabelul 1 şi în figura 1 se prezintă, în funcţie de mărimea ratei de actualizare, consumul total actualizat de resurse şi ponderea consumurilor necesare execuţiei şi funcţionării obiectivului, în ipoteza $i = C = 1$ unităţi, $d = 4$ ani, $D = 35$ ani.

Tabelul 1

Evoluţia indicatorilor DR; $i_{sp.e}$ şi DR_e în funcţie de reducerea ratei de actualizare

	Mărimea ratei de actualizare					
	0 (CTR)	2%	4%	6%	7%	8%
Consumul total actualizat de resurse (unităţi)	39,0	26,9	19,6	14,9	13,3	11,9
Ponderea consumului pentru execuţie în consumul total actualizat (%)	10,2	14,1	18,5	23,2	25,5	27,8
Ponderea consumului pentru funcţionare în consumul total actualizat (%)	89,8	85,9	81,5	76,8	74,5	72,2

Din datele de mai sus rezultă :

— Utilizînd actualizarea, cu o rată de 8%, vom lua în calcul doar 30,5% din consumul total real de resurse (11,9 unităţi de resurse în loc de 39,0).

* Ing. George Marinescu lucrează la ISPE.

[1]) Consumul de resurse pentru construcţia obiectivului şi pentru funcţionarea lui pe toată durata de viaţă.

[2]) În cele ce urmează consumurile de resurse se exprimă valoric.

— Ponderea consumului de resurse pentru execuţia obiectivului în consumul total creşte, la rata de 8%, în raport cu consumul real cu 172,5% (de la 10,2% la 27,8%) în timp ce ponderea consumului anual scade, la aceeaşi rată, cu 19,6% (de la 89,8% la 72,2%).

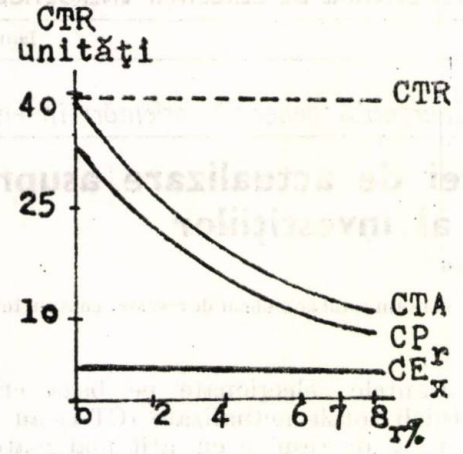


Fig. 1. Consumul total actualizat de resurse şi ponderea consumurilor pentru execuţia şi funcţionarea obiectivului pentru $i = C = 1$, $d = 4$ ani, $D = 35$ ani.

— Deformarea consumului total (real) de resurse, precum şi a ponderilor consumurilor pentru execuţie şi funcţionare este cu atît mai pronunţată cu cît este mai mare rata de actualizare. Urmare a celor arătate mai sus rezultă că, la valori mai mari ale ratei de actualizare, se va acorda prioritate investiţiilor, promovîndu-se acele variante care au investiţii, şi deci consumuri pentru execuţia obiectivului, mai mici. Micşorînd rata de actualizare vom pune mai mult accentul pe cheltuielile anuale, deoarece ponderea acestora în consumul total (actualizat) creşte. În aceste cazuri, la analiza comparativă a variantelor va fi promovată aceea care conduce la consumuri anuale de producţie mai mici, admiţînd chiar o creştere a investiţiilor. Problema care se pune este deci de a stabili pentru această rată o mărime care să conducă la un consum total de resurse cît mai mic, fără a produce o creştere exagerată a valorii investiţiei şi care să poată pune în evidenţă, în mod corespunzător, influenţa factorului timp asupra imobilizării resurselor. Este deci necesar a se asigura un compromis care să se înscrie în cerinţele etapei respective, în sensul că, dacă vom stabili restricţii severe asupra investiţiilor, va trebui să acceptăm cheltuieli de resurse sporite pentru funcţionarea obiectivului. Pe de altă parte, o reducere substanţială a ratei de actualizare ar putea duce la o frînare a ritmului de dezvoltare datorită creşterii excesive a cheltuielilor de investiţii.

Argumentînd prin prisma penuriei de resurse financiare, unii autori [1, 3, 4] au ajuns la concluzia creşterii ratelor de actualizare, pentru a realiza astfel instalaţii mai uşoare, mai simple, cu cheltuieli de investiţii mai reduse, ceea ce înseamnă şi un grad de fiabilitate mai mic şi consumuri tehnologice mai mari. În alte lucrări [5, 6, 7] se arată că o rată de actualizare mai mare nu face decît să amîne o parte din consumul de resurse necesar construirii obiectivelor pe seama creşterii consumurilor anuale de producţie. În acest caz, consumul total de resurse va fi chiar mai mare decît dacă am accepta o micşorare a ratei pentru a promova soluţiile cu investiţii mai mari, care ar fi permis realizarea unor instalaţii mai perfecţionate din punct de vedere tehnologic sau constructiv.

Mărimea ratei de actualizare rezultă ca o consecinţă a funcţiilor pe care aceasta le îndeplineşte în calculele economice. Astfel :

a) în cazul unei economii nedirijate, rata îndeplineşte funcţia de mărime de calcul pentru repartizarea fondurilor de dezvoltare între domenii de activitate potrivit rentabilităţii scontate; asigură echilibrul dintre necesităţi şi resurse; echilibrează cererea şi oferta de capital; exprimă eroziunea monetară; pune în evidenţă influenţa factorului timp asupra imobilizării resurselor. În această conjunctură rata de acualizare depinde în mare măsură de volumul economiilor disponibile pentru a fi investite, adică de comportarea diverşilor depunători;

b) într-o economie în care acţionează legea dezvoltării planice proporţionale funcţiile ratei de actualizare sînt mult limitate; ea are, în acest caz, un rol secundar, şi anume de mărime de calcul cu ajutorul căreia, la analizele economice, se pune în evidenţă influenţa factorului timp asupra imobilizării resurselor, şi acela de a departaja şi selecţiona variantele de programe sau obiective de investiţii în funcţie de obiectivele prioritare ale ramurii sau ale economiei naţionale (investiţii minime, consum minim de combustibil, siguranţă sporită în alimentarea cu energie electrică sau termică a consumatorilor etc.). Îndeplinind această funcţie, mărimea ratei de actualizare exprimă, în fond, preocuparea asupra viitorului, în sensul că printr-o rată mai mică se acordă mai multă importanţă cheltuielilor viitoare, în timp ce creşterea acestei rate va conduce la selecţionarea variantelor care au consumuri mai mici pentru construirea obiectivului, crescînd cheltuielile anuale pe toată durata de viaţă a instalaţiilor.

În concluzie, este de reţinut faptul că, pe măsura schimbărilor intervenite în strategia de dezvoltare a sectorului energetic sau a economiei naţionale (promovarea investiţiilor mai mari cum sînt : centralele pe lignit ; centralele nucleare; centralele hidroelectrice pe amplasamente din ce în ce mai puţin avantajoase din punct de vedere economic; economisirea drastică a energiei etc.), pe măsura perfecţionării echipamentelor care asigură posibilitatea realizării unor variante cu consumuri anuale de

producție mai mici, este necesar a schimba și rata de actualizare pentru a obține astfel reducerea consumurilor totale de resurse. În fond, CTR (relația 1) poate fi adoptat drept criteriu de analiză, el fiind o formă particulară a criteriului cheltuieli totale actualizate (CTA) pentru cazul în care rata de actualizare este egală cu zero.

Adoptarea CTR drept criteriu de analiză a eficienței economice a investițiilor în locul CTA ar conduce la:

— selecționarea variantelor care au cele mai mici consumuri totale (reale) de resurse și în orice caz consumuri de resurse mai mici decît variantele selecționate cu ajutorul criteriului CTA;

— selecționarea variantelor care au consumuri maxime de resurse la execuția obiectivului (investiții maxime) și în orice caz consumuri de resurse pentru investiții mai mari decît la variantele selecționate cu ajutorul criteriului CTA;

— o relație de indiferență față de modul în care sînt eșalonate în timp consumurile de resurse. Neputînd evidenția influența factorului timp asupra imobilizării resurselor criteriul CTR va ierarhiza în mod neconvenabil din punct de vedere economic, variantele analizate.

Pentru a efectua deci o analiză economică în mod riguros și în concordanță cu exigențele etapei respective este necesar să se mențină criteriul cheltuieli totale actualizate, care poate evidenția influența factorului timp asupra modului în care sînt consumate resursele, stabilind ratei de actualizare o mărime care să ducă la selectarea unor soluții mai avantajoase din punctul de vedere al consumului de resurse și care să corespundă strategiei adoptate pentru dezvoltarea ramurii.

În vederea stabilirii unui raport între mărimea ratei de actualizare și CTR s-a considerat, la un obiectiv oarecare, o variantă V_1, avînd cheltuielile de investiții I și cheltuielile anuale de producție C. Așa cum s-a arătat mai sus, se va putea elabora întotdeauna, prin micșorarea ratei de actualizare, o altă variantă V_2[3]), avînd cheltuielile de investiții $I + \Delta I$ mai mari decît în prima variantă și cheltuielile anuale de producție $C - \Delta C$ mai mici. Investiția suplimentară ΔI și economiile anuale ΔC se determină calculînd la ambele variante cheltuielile totale actualizate cu rata r_i și punînd condiția de clasare, ca fiind mai eficientă varianta V_1:

$$\frac{CTA_{V_1}}{CTA_{V_2}} = 1 - \varepsilon, \tag{2}$$

în care ε este diferența dintre cheltuielile totale ale celor două variante. Conform [2], diferența $\varepsilon = 2\%$ este considerată concludentă, pentru a putea fi luată o decizie de departajare.

La o altă mărime r_j a ratei de actualizare, $r_j < r_i$ va trebui să se claseze pe primul loc, fiind mai eficientă varianta V_2, astfel încît:

$$\frac{\mathrm{CTA}_{V_1}}{\mathrm{CTA}_{V_2}} = 1 + \varepsilon. \tag{3}$$

Din relațiile rezultate se deduc valorile[4]) ΔI și ΔC.

$$\Delta I = \frac{\left[(\varepsilon+1)\frac{E_j(d)}{d}\{E_i(D') - E_i(d)\} - (\varepsilon+1)\frac{E_i(d)}{d}\{E_j(D') - E_j(d)\}\right]I}{(1-\varepsilon^2)\left[\frac{E_j(d)}{d}\{E_i(D') - E_i(d)\} - \frac{E_i(d)}{d}\{E_j(D') - E_j(d)\}\right]} -$$

$$- \frac{2\varepsilon\{E_i(D') - E_i(d)\}\{E_j(D') - E_j(d)\}C}{(1-\varepsilon^2)\left[\frac{E_j(d)}{d}\{E_i(D') - E_i(d)\} - \frac{E_i(d)}{d}\{E_j(D') - E_j(d)\}\right]}, \tag{4}$$

$$\Delta C = \frac{2\varepsilon\frac{E_i(d)}{d}\cdot\frac{E_j(d)}{d}I}{(1-\varepsilon^2)\left[\frac{E_j(d)}{d}\{E_i(D' - E_i(d)\} - \frac{E_i(d)}{d}\{E_j(D') - E_j(d)\}\right]} +$$

$$+ \frac{\left[(\varepsilon-1)\frac{E_i(d)}{d}\{E_j(D') - E_j(d)\} - (\varepsilon+1)\frac{E_j(d)}{d}\{E_i(D') - E_i(d)\}\right]C}{(1-\varepsilon^2)\left[\frac{E_j(d)}{d}\{E_i(D') - E_i(d)\} - \frac{E_i(d)}{d}\{E_j(D') - E_j(d)\}\right]}. \tag{5}$$

În relațiile 4 și 5 s-a notat cu:

$E(d)$ — operatorul de actualizare a cheltuielilor de investiții pe durata de execuție (d) și rata de actualizare r_i și r_j [2];

$E(D')$ — operatorul de actualizare a cheltuielilor anuale de producție pentru intervalul de actualizare (durata de studiu) $D' = D + d$[2];

[3]) Varianta V_2 reprezintă limita cheltuielilor de investiții $I + \Delta I$ care pot fi acceptate în condițiile reducerii cheltuielilor anuale de producție la $C - \Delta C$. Introducerea în proiecte a variantei V_2 presupune existența posibilităților de procurare a echipamentelor perfecționate cu consumuri reduse, care să asigure economiile ΔC la cheltuielile anuale.

[4]) S-a admis ipoteza eșalonării cheltuielilor de investiții și a cheltuielilor anuale de producție în mod egal pe durata de execuție „d" și respectiv în intervalul de funcționare $D = D' - d$.

D' — durata de actualizare (de studiu) stabilită conform prevederilor [1].

Rezultă deci că ΔI și ΔC, determinate cu relațiile 4 și 5 sînt mărimi care la rate r_i și r_j stabilesc limitele economice care pot fi acceptate pentru elaborarea unor variante avantajoase din punctul de vedere al consumului total de resurse.

Dacă $CTR_{V_1} = I + D \cdot C$ este consumul total (real) de resurse al variantei 1, selecționată pe baza criteriului CTA cu rata r_i și $CTR_{V_2} = I + \Delta I + D(C - \Delta C)$ consumul total (real) de resurse al variantei 2, selecționată cu ajutorul criteriului CTA la rata $r_j < r_i$, vom avea întotdeauna raportul:

$$\frac{CTR_{V_1}}{CTR_{V_2}} < 1, \qquad (6)$$

adică:

$$\Delta I < D \cdot \Delta C.$$

Introducînd în relațiile 4 și 5 operatorii de actualizare corespunzători unor rate diferite se obțin valori ΔI și ΔC cu ajutorul cărora putem determina reducerea consumului total de resurse în cazul micșorării ratei de actualizare, pentru diferența $\varepsilon = 2\%$.

Dacă se adoptă alte mărimi pentru diferența ε se obțin valori diferite pentru ΔI și ΔC, deci reduceri corespunzătoare pentru consumul total de resurse.

În figura 2 se prezintă, pentru diverse rate de actualizare micșorate de la 8%, cît este în prezent, la diferite mărimi, proporția în care se micșorează consumul total de resurse, în ipoteza: $I = 4000$ mil. lei; $C = 1500$ mil. lei pe an; $d = 4$ ani; $D = 35$ ani. Se vede din această figură că, în cazul micșorării ratei de actualizare

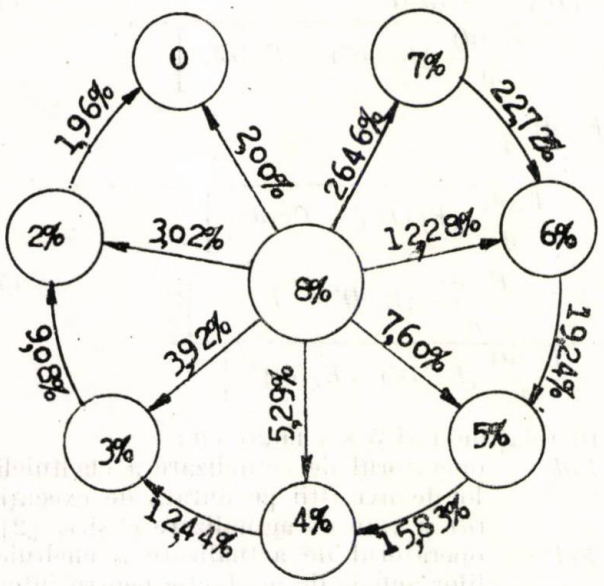


Fig. 2. Reducerea consumului total de resurse prin micșorarea ratei de actualizare pentru: $d = 4$ ani; $I = 4000$ mil. lei; $C = 1500$ mil. lei/an; $D = 35$ ani.

de la 8% la 7%, pot fi elaborate variante (cu condiția ca industria să poată livra echipamente cu consumuri specifice și tehnologice mai mici), care să realizeze reduceri la consumul total de resurse pînă la maximum 26,46%. O nouă reducere a ratei de actualizare de la 7% la 6%, va conduce, evident, la creșterea cheltuielilor de investiții, dar și la o reducere a CTR de pînă la 22,72%. Micșorarea ratei de actualizare și reducerea CTR poate continua, în condițiile perfecționării echipamentelor, pînă la valoarea $r = 0$, cînd se realizează cel mai mic consum de resurse (conform relației 1).

Micșorarea ratei de actualizare poate fi efectuată fie în trepte, trecînd prin toate valorile, fie direct; astfel, rata poate fi redusă direct de la 8% la 0. În acest caz se obține o reducere mai mică a CTR, de numai 2,00%, dar și o mai mică creștere a valorii de investiții.

Pentru o reducere oarecare a CTR se determină creșterea relativă a investiției inițiale I:

$$\Delta I\% = 100.\Delta I/I$$

și reducerea relativă a cheltuielilor anuale de producție

$$\Delta C\% = 100.\Delta C/C.$$

Raportînd aceste mărimi relative la reducerea procentuală a consumului total de resurse (RCR%) se obține creșterea, respectiv scăderea procentuală a investiției relative ($\Delta i\%$) și a cheltuielilor anuale de producție ($\Delta c\%$) pentru reducerea cu un procent a consumului total de resurse.

$$\Delta i\% = \Delta I\%RCR\ \%,$$
$$\Delta c\% = \Delta C\%RCR\%. \qquad (7)$$

Mărimile $\Delta i\%$ și $\Delta c\%$ sînt prezentate în figura 3. Din aceasta rezultă că, în cazul micșorării ratei de actualizare de la 8% la 7%, se va obține o reducere a CTR cu 1%, majorînd, pentru aceasta, investiția inițială cu 6,461% și reducînd cheltuielile anuale de producție cu 1,568%.

Reducerea consumului total de resurse prin micșorarea ratei de actualizare este dependentă de durata de execuție a investiției. În figura 4 se prezintă această dependență pentru cazul menționat mai sus, iar în figurile 5 și 6 s-a pus în evidență variația mărimilor $\Delta i\%$ și $\Delta c\%$, în funcție de valoarea investiției și respectiv a cheltuielilor anuale de producție.

Eficiența economică a micșorării ratei de actualizare în scopul reducerii CTR, mărind pentru aceasta valoarea investiției, poate fi evidențiată cu ajutorul indicatorului „durata de recuperare a investiției suplimentare din economiile la cheltuielile anuale de producție" și,

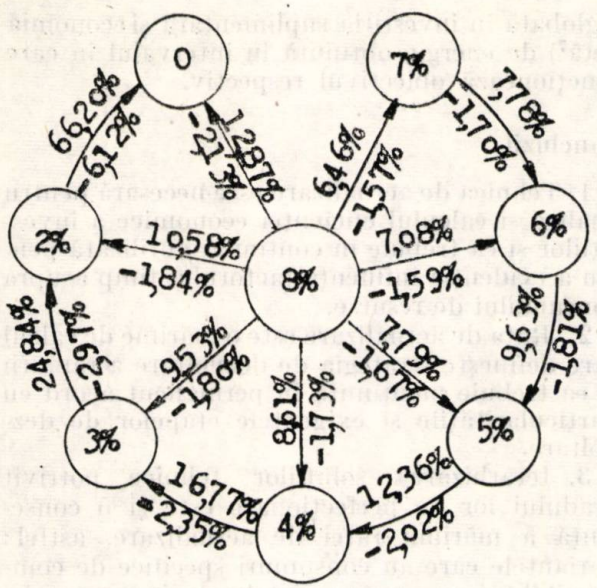


Fig. 3. Creşterea valorii de investiţii şi micşorarea cheltuielilor anuale de producţie pentru reducerea consumului total de resurse cu 1%, prin schimbarea ratei de actualizare de la 8% la 7% şi $D = 35$ ani, $I = 4000$ mil. lei; $C = 1500$ mil. lei/an; $d = 4$ ani.

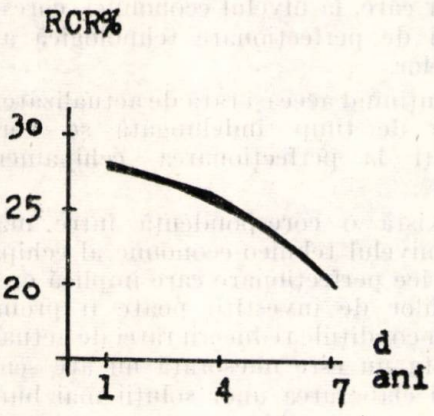


Fig. 4. Reducerea consumului total de resurse prin schimbarea ratei de actualizare de la 8% la 7% în funcţie de durata de execuţie (d) pentru : $I = 4000$ mil. lei; $C = 1500$ mil. lei/an; $D = 35$ ani.

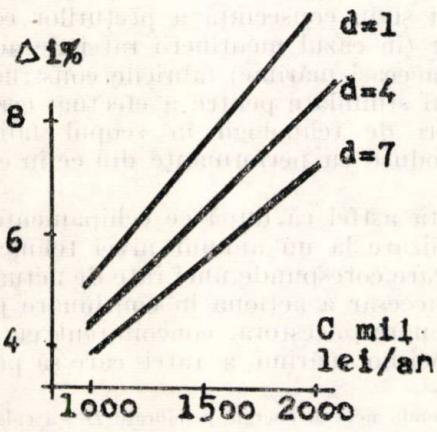


Fig. 5. Creşterea investiţiei pentru reducerea cu 1% a CTR prin schimbarea ratei de la 8% la 7%, în funcţie de cheltuielile anuale de producţie : $I = 4000$ mil. lei; $D = 35$ ani.

în cazul particularizării unor investiţii, cu indicatorul „investiţia specifică în energia economisită" ($i_{sp.e}$) astfel :

— Durata de recuperare a resurselor suplimentare investite din economiile anuale este o funcţie de forma $DR = f(r_i\,;\, r_j\,;\, d)$ şi nu depinde de mărimile iniţiale I şi C. Duratele de recuperare pentru diverse valori ale ratelor de actualizare sînt cuprinse în tabelul 2.

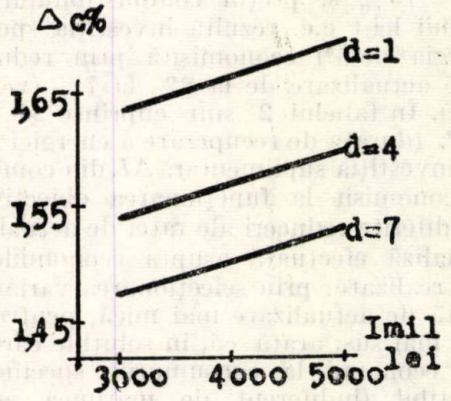


Fig. 6. Micşorarea cheltuielilor anuale pentru reducerea cu 1% a CTR prin schimbarea ratei de la 8% la 7% în funcţie de mărimea investiţiei : $C = 1500$ mil. lei/an; $D = 35$ ani.

Tabelul 2

Economia netă de energie în funcţie de reducerea consumului specific de combustibil pentru $I = 4\,000$ mil. lei; $C = 1\,500$ mil. lei/an; $d = 4$ ani; $D = 35$ ani

Rata de actualizare iniţială redusă		DR, ani	$i_{sp\cdot e}$, lei/t c.c.	DR_e, ani
8%	7%	11,0	491	2,2
	6%	11,7	525	2,3
	5%	12,4	561	2,5
	4%	13,2	600	2,6
	3%	14,1	643	2,8
	2%	15,0	688	3,0
	0	16,7	773	3,3
7%	6%	12,4	561	2,5
6%	5%	14,2	647	2,8
5%	4%	16,3	755	3,3
4%	3%	19,0	893	3,8
3%	2%	22,3	1071	4,5
2%	0	28,8	1448	5,8

Astfel, pentru diverse reduceri ale ratei de actualizare, vor rezulta mărimi diferite ale indicatorilor DR, $i_{sp.e}$ şi DR_e.

Din tabel se constată că indicatorii cei mai avantajoşi vor fi obţinuţi la reducerea ratei de actualizare de la 8% la 7%.

— În cazul unor variante de centrale electrice la care : $I = 4000$ mil. lei, $C = 1500$ mil. lei/an ; $d = 4$ ani ; $D = 35$ ani ; ponderea cheltuielilor pentru combustibil în cheltuielile anuale de producţie $\gamma = 75\%$; ponderea cheltuielilor pentru energie în cheltuielile de investiţii $\eta = 15\%$ şi preţul combustibilului $p = 1{,}1$ mii lei/t c.c. rezultă investiţia specifică în energia netă[5]) economisită prin reducerea ratei de actualizare de la 8% la 7% (vezi tabelul 2). În tabelul 2 sînt cuprinse şi duratele DR_e (durata de recuperare a energiei înglobate în investiţia suplimentară ΔI, din combustibilul economisit la funcţionarea obiectivului) pentru diferite reduceri ale ratei de actualizare.

O analiză efectuată asupra economiilor de energie realizate prin selecţionarea variantelor la o rată de actualizare mai mică, pentru ipoteza de mai sus, arată că, în soluţiile care realizează economii la consumurile specifice de combustibil (indiferent de mărimea acestor reduceri), se obţine, pentru fiecare tonă de combustibil convenţional, înglobată în investiţia suplimentară, în fiecare an, pe toată durata de funcţionare (D), o economie medie de 1 t c.c. Acest fapt echivalează cu o creştere substanţială a resurselor de energie. În tabelul 3 se prezintă

Tabelul

Reducere		Consum suplimentar de energie, t c.c.	Economie netă de energie pe 35 ani, t c.c.
Consum specific [%]	CTR [%]		
1	0,638	22473	335480
3	1,913	67432	1006432
5	3,189	112377	1677396
7	4,464	157336	2348346
10	6,377	224755	3354790
15	9,566	337132	5032186

pentru cazul menţionat mai sus, în funcţie de reducerea consumului specific de combustibil [6]), creşterea investiţiei (care poate fi acceptată din punct de vedere economic) corespunzătoare reducerii cheltuielilor anuale, cantitatea de energie înglobată în investiţia suplimentară şi economia netă[7]) de energie obţinută în intervalul în care funcţionează obiectivul respectiv.

Concluzii

1. Tehnica de actualizare este necesară pentru analiza şi calculul eficienţei economice a investiţiilor şi ea trebuie în continuare utilizată pentru a evidenţia influenţa factorului timp asupra consumului de resurse.

2. Rata de actualizare este o mărime de calcul care defineşte strategia de dezvoltare a ramurii şi ea trebuie menţinută în permanent acord cu particularităţile şi exigenţele etapelor de dezvoltare.

3. Ierarhizarea soluţiilor tehnice potrivit gradului lor de perfecţionare este şi o consecinţă a mărimii ratei de actualizare, astfel: variantele care au consumuri specifice de combustibil şi/sau consumuri tehnologice mai mici vor putea fi promovate, în condiţiile creşterii valorii lor de investiţii, numai prin adoptarea unor rate de actualizare reduse. În acest sens rata de actualizare poate fi considerată ca un indicator care, la nivelul economiei, corespunde nivelului de perfecţionare tehnologică a echipamentelor.

4. Menţinînd aceeaşi rată de actualizare într-o perioadă de timp îndelungată se vor crea dificultăţi la perfecţionarea echipamentelor, deoarece :

a) Există o corespondenţă între mărimea ratei şi nivelul tehnico-economic al echipamentelor. Orice perfecţionare care implică creşterea cheltuielilor de investiţii poate fi promovată numai în condiţiile reducerii ratei de actualizare. Dacă rata nu este micşorată nu are sens studierea şi elaborarea unor soluţii mai bune sau realizarea unor echipamente cu performanţe superioare, cu cheltuieli de investiţii mai mari şi consumuri anuale reduse, deoarece acestea nu pot fi promovate.

b) Neexistînd posibilitatea creşterii valorii de investiţii şi în consecinţă a preţurilor echipamentelor (în cazul menţinerii ratei de actualizare la aceeaşi mărime) fabricile constructoare nu vor fi stimulate pentru a efectua cercetări şi înnoiri de tehnologii în scopul fabricării unor produse cu performanţe din ce în ce mai ridicate.

Rezultă astfel că, după ce echipamentele au fost realizate la un anumit nivel tehnico-economic, care corespunde unei rate de actualizare r_i, este necesar a acţiona în continuare pentru perfecţionarea acestora, concomitent cu adoptarea unei noi mărimi a ratei care să permită

[5]) Investiţia specifică în economia netă de energie a fost calculată cu relaţia :

$$i_{sp\cdot e} = \frac{p \cdot \Delta I}{\gamma \cdot D \cdot \Delta C - \eta \cdot \Delta I}, \text{ lei/t c.c.}$$

[6]) Se consideră că reducerea consumului specific de combustibil pentru energia livrată corespunde cu reducerea cheltuielilor de producţie.

[7]) Economia netă de energie pe durata D s-a calculat cu relaţia :

$$E_D = \frac{\gamma \cdot D \cdot \Delta C - \eta \cdot \Delta I}{p}, \text{ t c.c.}$$

promovarea noilor soluții și acordarea[8]) unor prețuri mai mari echipamentelor perfecționate, astfel încît întreprinderile furnizoare să poată recupera cheltuielile efectuate.

5. Pentru a promova soluțiile care conduc la economii de resurse este necesară micșorarea ratei de actualizare. Urmare a noilor orientări și cerințe, a schimbărilor care au avut loc în sistemul energetic apare avantajoasă modificarea ratei de actualizare de la 8%, cît a fost normată în anul 1975, la 7%. Această reducere, însoțită de folosirea unor echipamente perfecționate, va conduce la o creștere a investițiilor, dar și la o reducere, pe termen lung, a consumurilor anuale de resurse necesare producției. Trebuie menționat faptul că variantele care cuprind echipamente perfecționate și produc efecte economice în limitele ΔI și ΔC, deși sînt avantajoase ca urmare a reducerii consumului total de resurse, nu pot fi promovate cu rata de actualizare r_i, fiind necesară, pentru aceasta, reducerea ratei la valoarea $r_j < r_i$.

6. Reducerea mărimii ratei de actualizare de la 8% la 7% este o măsură avantajoasă pentru actuala etapă de dezvoltare, fapt confirmat și prin indicatorii prezentați în tabelul 1:

— durata de recuperare a investiției suplimentare ΔI din economiile realizate la cheltuielile anuale de producție ΔC, care este de 11 ani;

— investiția specifică în economia netă de energie care este de 490 lei/t c.c.;

— durata de recuperare a energiei înglobate în investiția suplimentară ΔI, din economiile anuale de combustibil care, pentru cazul menționat, rezultă de 2,2 ani;

— bilanțul energiei consumate și economisite care arată că pentru 1 t c.c. consumată suplimentar la execuția obiectivului se obține, în perioada de funcționare, o economie netă de 35 t c.c.

7. Reducerea ratei de actualizare creează condiții industriei constructoare de mașini (prin posibilitatea de a acorda prețuri mai mari) de a efectua cercetări și a realiza noi tipuri de echipamente cu performanțe îmbunătățite. La ponderea pe care o au echipamentele în valoarea totală de investiții se poate asigura, prin reducerea ratei de la 8% la 7%, o sporire a prețului acestora, în condiții de eficiență economică cu 230—320 %.

8. Dacă echipamentele ce urmează a fi utilizate la execuția obiectivelor nu au caracteristici perfecționate și nu pot realiza economii suplimentare în funcționare, rata de actualizare de 7% va promova aceleași soluții ca și rata de 8%, adică variantele cele mai eficiente care pot fi realizate cu echipamentele de care dispunem.

[8]) Acordarea unor prețuri mai mari pentru echipamente va crește, evident, valoarea de investiții a obiectivelor, dar prin economiile pe care le realizează la funcționare se obține reducerea consumului total de resurse.

Bibliografie

[1] Cămășoiu, I. *Investițiile și factorul timp.* Editura politică, București, 1975, 234 p.

[2] * * * PE 011/198. *Normativ privind calculele comparative tehnico-economice la instalațiile de producere, transport și distribuție a energiei electrice și termice.* M.E.E. — ICEMENERG, București, 150 p.

[3] Dumitrache, R. *Evoluția prețurilor combustibililor energetici argument pentru o restructurare a ratei de actualizare.* Buletin ISPE, nr. 1 — 2/1981.

[4] Guillaume, M. *Du relevement du taux d'actualisation.* In: Revue Economie Appliquès, tome XXX, 1968, nr. 3 — 4.

[5] Persoz, H. *Contraintes financierès, actualisation et croissance.* In: Electricité de France — Bulletin de la Direction des etudes et recherches, série B, nr. 1/1981, p. 1—7.

[6] Horvilleur, J. *Taux d'actualisation et minimisator des depenses.* Bulletin de la Direction des etudes et recherches, série B, nr. 1/1981, Electricité de France.

[7] Bergougnoux, J. *Taux d'actualisation optimal dans une croissance d'antreprise equilibrée.* In: Bulletin de la Direction des etudes et recherches, série B, nr. 12/1980, Electricité de France.

(Primit la 28 decembrie 1983, acceptat la 29 septembrie 1984)

Optimizarea proiectării sculelor aşchietoare din punctul de vedere al consumului minim de energie electrică în procesul de aşchiere

Dr. ing. Constantin Buzatu *

The Improvement of the Cutting Tools Design in Processing from the Point of View of the Minimum Consumption of Electric Power

(*Condensed from the paper in Romanian*)

Considering the high rate of chipping in the machine building industry and thus of the large number of used tools, the decreasing of the electric energy consumption by all means imposes itself stringently.

In the present paper, starting from a series of experimental data regarding the interdependence between the electric energy consumption and the chip section, by means of the constructive parameters of the lathe cutters (Fig. 2), it has been intended to recomment that the design calculations of lathe cutters should also consider the energy aspect.

For the geometrical constructive parameters optimization the paper introduces the notion of *specific energy consumption* (see relation (1)) which, on the basis of its dependencies on the main rake angle (γ), the main ($\varkappa$) and secondary ($\varkappa_1$) incidence angle, the side rake (λ), the radius at the tool point (r) (see relation (4)) and on the expressions of the chipping forces applied during the chip's detachment (see relations (5) ÷ (9)) is minimized (by solving the equations system (15)), enabling the obtaining of the optimal values of the different geometric constructive parameters of the lathe cutter.

At the same time the paper contains recommendations for the optimization of the following parameters as well : the main tool clearance (α), the addendum angle (ε), the back rake (β) and the cutting angle (δ).

As a conclusion the paper raises the problem of up-dating the design methods of lathe cutters with a view of decreasing the electric power consumption.

Introducere

În cadrul etapelor de proiectare a proceselor tehnologice de prelucrare prin aşchiere a pieselor, alegerea sculei de lucru (dacă este standardizată) sau proiectarea acesteia (în cazul că nu este standardizată) se face, în cele mai dese cazuri, numai funcţie de condiţiile concrete de lucru : materialul de prelucrat, tipul prelucrării, condiţiile de răcire [1], sau de aşa-zisa desfăşurare a procesului de aşchiere în condiţii normale de lucru, fără a preciza mai exact natura acestora [2].

Dacă în lucrările [3], [4] ne-am referit la optimizarea parametrilor regimului de aşchiere din punctul de vedere al consumului minim de energie electrică, în cele ce urmează vom vedea că efecte economice importante, ca urmare a micşorării consumului de energie electrică, se obţin şi printr-o alegere raţională a parametrilor geometrici constructivi optimi ai sculelor aşchietoare.

Din acest motiv, considerăm că prezenta lucrare este bine venită, constituind o direcţie de lucru actuală şi de mare importanţă, în care cercetările trebuie continuate, mai ales că literatura de specialitate prezintă puţine date în acest sens.

Consideraţiile prezentate în continuare, se referă la cuţitele de strung, dar acestea se pot generaliza şi la alte tipuri de scule aşchietoare.

* Dr. ing. Constantin Buzatu este şef lucrări la Facultatea de TCM — Universitatea Braşov.

1. Noţiune de actualitate în proiectarea sculelor aşchietoare : consum specific minim de energie electrică

Este cunoscut că partea activă a oricărei scule aşchietoare (în cazul de faţă a cuţitului de strung, fig. 1) este caracterizată, în general, de unghiul de degajare principal (γ), unghiul de aşezare principal (α), unghiul principal ($\varkappa$) şi secundar ($\varkappa_1$) de atac, unghiul de la vîrf (ε), unghiul de ascuţire (β), unghiul de aşchiere (δ) şi unghiul de înclinare (λ) al tăişului sculei. În afară de aceşti parametri, tăişul sculei se defineşte şi prin raza vîrfului sculei (r) şi raza tăişului (ρ).

În vederea optimizării parametrilor geometrici constructivi ai cuţitului de strung, vom introduce noţiunea de consum specific energetic.

Pentru aceasta, consumul de energie electrică, notat cu E, în cazul operaţiei de strunjire se poate scrie sub următoarea formă :

$$E = A \cdot K_e, \qquad (1)$$

unde :

A reprezintă aria secţiunii transversale reale a aşchiei generată de tăişul sculei ;

K_e — consumul specific energetic (sau consumul energetic pe unitatea de suprafaţă a aşchiei).

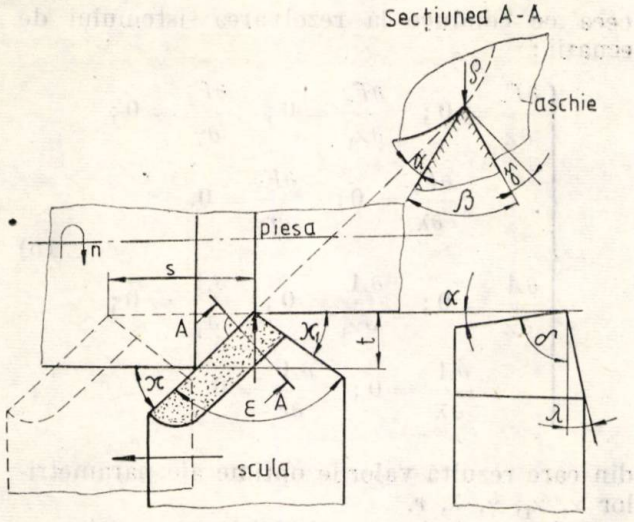


Fig. 1

Avînd în vedere cele prezentate în lucrarea [3], consumul de energie electrică la strunjire se poate scrie, ținînd cont și de influența tuturor componentelor forței de așchiere, sub forma :

$$E = \frac{k_R \cdot F_z \cdot v \cdot \tau}{6{,}12 \cdot 10^4}, \qquad (2)$$

în care :

F_z reprezintă forța principală de așchiere;
k_R — coeficient ce caracterizează ponderea forței radiale F_y și respectiv axiale F_x în mărimea forței rezultante de așchiere [2];
v — viteza de așchiere;
τ — timpul de prelucrare.

Dacă se ține cont că aria secțiunii transversale reale a așchiei se calculează cu relația :

$$A = \frac{s \cdot t}{\sin\varkappa \cos\gamma \cos\lambda}\left[1 - \frac{r}{t}(1-\cos\varkappa) + \right.$$

$$\left. + \frac{r}{t}(\varkappa + \varkappa_1)\sin\frac{\varkappa + \varkappa_1}{2}\right], \qquad (3)$$

în care t și s reprezintă adîncimea și respectiv avansul de așchiere, din combinarea relațiilor (1), (2) și (3) rezultă următoarea expresie a consumului specific energetic :

$$K_e = \frac{k_R \cdot F_z \cdot v \cdot \tau}{6{,}12 \cdot 10^4} \cdot$$

$$\cdot \frac{\sin\varkappa \cos\gamma \cos\lambda}{s \cdot t\left[1 - \frac{r}{t}(1-\cos\varkappa) + \frac{r}{t}\cdot(\varkappa + \varkappa_1)\sin\frac{\varkappa + \varkappa_1}{2}\right]}. \qquad (4)$$

2. Influența parametrilor geometrici constructivi ai cuțitului de strung asupra consumului specific de energie electrică

Avînd în vedere că reprezentarea grafică a relației (3), în funcție de principalii parametri geometrici constructivi ai tăișului sculei și de variabilele t și s, pentru un caz particular, arată ca în figura 2, se poate trage concluzia, evidentă, că ponderea de influență a fiecărui parametru asupra consumului specific de energie electrică este destul de importantă și că trebuie ținut cont, în alegerea sau proiectarea sculei, și de minimizarea variabilei K_e (adică a micșorării, pe cît posibil, a consumului de energie electrică).

Întrucît parametrii geometrici constructivi ai tăișului sculei influențează și valoarea componentei F_z, este necesar ca în calculul de minimizare a consumului specific energetic să avem în vedere și acest lucru.

În acest sens, literatura de specialitate [2] recomandă pentru calculul forței principale de așchiere F_z, următoarea relație :

$$F_z = F'_{dz} + F''_{dz} + \mu_\alpha (F'_{exy} + F''_{exy}), \qquad (5)$$

în care :

$$F'_{dz} = \frac{s \cdot t \cdot \sigma_r}{\sin\varkappa \cos\gamma \cos\lambda}\left[1 - \frac{r}{t}(1-\cos\varkappa)\right], \qquad (6)$$

$$F''_{dz} = \frac{r \cdot s \cdot \sigma_r}{\cos\gamma \cos\lambda}(\varkappa + \varkappa_1), \qquad (7)$$

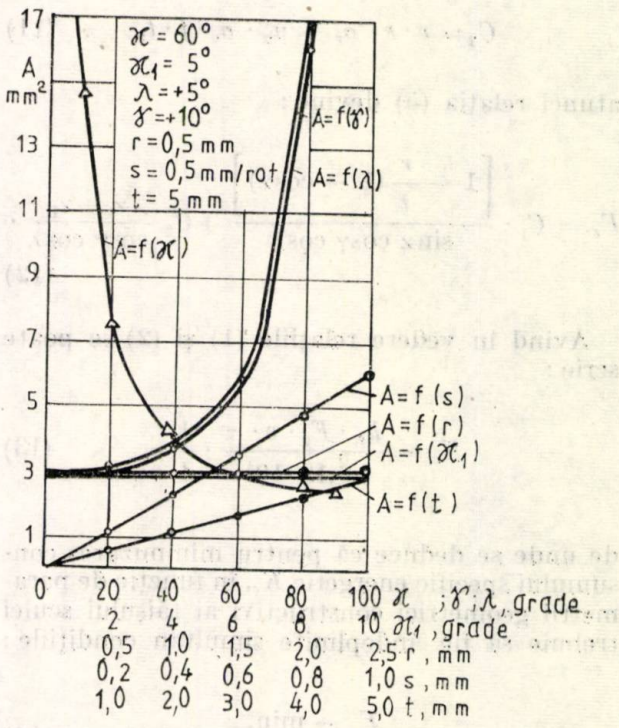


Fig. 2

sînt componentele principale parțiale de așchiere consumate pentru deformarea plastică prin comprimare a stratului de metal așchiat, iar :

$$F'_{exy} = \frac{\sigma_c \cdot f \cdot t}{\sin\varkappa \cos\gamma \cos\lambda}\left[1 - \frac{r}{t}(1 - \cos\varkappa)\right], \tag{8}$$

$$F''_{exy} = \frac{\sigma_c \cdot f \cdot t}{\cos\gamma \cos\lambda}(\varkappa + \varkappa_1), \tag{9}$$

reprezintă componentele forței de deformare elastică a materialului prelucrat de-a lungul zonei de contact dintre tăișul sculei și suprafața de așchiere.

Celelalte notații din relațiile (5) — (9) reprezintă :

μ_α — coeficientul de frecare de pe suprafața de așezare a sculei ;

σ_r și σ_c — rezistența de rupere și respectiv de curgere a materialului prelucrat, în daN/mm² ;

f — mărimea fațetei tăișului cuțitului.

Dacă se fac următoarele notații :

$$C_1 = t(s \cdot \sigma_r + \mu_\alpha \cdot f \cdot \sigma_c), \tag{10}$$

și respectiv

$$C_2 = r \cdot s \cdot \sigma_r + \mu_\alpha \cdot \sigma_c \cdot f \cdot t, \tag{11}$$

atunci relația (5) devine :

$$F_z = C_1 \cdot \frac{\left[1 - \frac{r}{t}(1 - \cos\varkappa)\right]}{\sin\varkappa \cos\gamma \cos\lambda} + C_2 \frac{\varkappa + \varkappa_1}{\cos\gamma \cos\lambda}. \tag{12}$$

Avînd în vedere relațiile (1) și (2) se poate scrie :

$$K_e = \frac{k_R \cdot F_z \cdot v \cdot \tau}{6{,}12 \cdot 10^4} \cdot \frac{1}{A}, \tag{13}$$

de unde se deduce că pentru minimizarea consumului specific energetic K_e, în funcție de parametrii geometrici constructivi ai tăișului sculei trebuie să fie îndeplinite simultan condițiile :

$$\begin{aligned} F_z &\to \min, \\ A &\to \max, \end{aligned} \tag{14}$$

ceea ce conduce la rezolvarea sistemului de ecuații :

$$\begin{cases} \dfrac{\partial F_z}{\partial \varkappa} = 0\,; \quad \dfrac{\partial F_z}{\partial \varkappa_1} = 0\,; \quad \dfrac{\partial F_z}{\partial \gamma} = 0\,; \\ \dfrac{\partial F_z}{\partial \lambda} = 0\,; \quad \dfrac{\partial F_z}{\partial r} = 0, \\ \dfrac{\partial A}{\partial \varkappa} = 0\,; \quad \dfrac{\partial A}{\partial \varkappa_1} = 0\,; \quad \dfrac{\partial A}{\partial \gamma} = 0\,; \\ \dfrac{\partial A}{\partial \lambda} = 0\,; \quad \dfrac{\partial A}{\partial r} = 0, \end{cases} \tag{15}$$

din care rezultă valorile optime ale parametrilor $\varkappa$, $\varkappa_1$, γ, λ, r.

Pentru optimizarea celorlalți parametri geometrici-constructivi, care nu au apărut în relațiile forței de așchiere principale F_z (relația 12) și respectiv secțiunii transversale reale a așchiei A (relația 3), trebuie avut în vedere următoarele considerente :

Unghiul de așezare α și raza tăișului ρ se optimizează ținînd cont de variația coeficientului de frecare $\mu_\alpha = f(\alpha\,;\,\rho)$; la unghiuri α mici și ρ mari, μ_α crește ; drept urmare cresc forțele de frecare și implicit consumul de energie electrică.

Unghiurile ε, β și δ se optimizează dacă se au în vedere următoarele relații de legătură (fig. 1) :

$$\varepsilon = 180° - \varkappa - \varkappa_1, \tag{16}$$

$$\beta = 90° - \gamma - \alpha, \tag{17}$$

$$\delta = 90° - \lambda - \alpha. \tag{18}$$

Înlocuind în relațiile (16) — (18) parametrii optimi obținuți din rezolvarea sistemului de ecuații (15) și pe baza considerentelor prezentate privind unghiul α, se obțin și valorile parametrilor optimi ai unghiurilor ε, β, δ.

3. Concluzii

Pe baza celor prezentate se pot desprinde următoarele concluzii mai importante :

1. În condițiile în care se impune cu deosebită stringență micșorarea consumului de energie electrică chiar cu valori mici, găsirea unor căi suplimentare este bine venită. Pe această linie se înscrie și optimizarea parametrilor geometrici constructivi ai sculelor așchietoare.

2. Avînd în vedere ponderea destul de mare, încă, a prelucrărilor prin așchiere și deci a numărului mare de scule utilizate, o sursă importantă de economisire a energiei electrice o constituie și reactualizarea metodicii de proiectare a sculelor așchietoare, precum și a standardelor de scule.

3. Studiile prezentate mai sus pot fi generalizate ușor și la alte tipuri de scule mai des utilizate în prelucrările prin așchiere: freze, burghie, scule de danturat și altele.

Bibliografie

[1] Duca, Z. *Bazele teoretice ale prelucrărilor pe mașini-unelte.* Editura didactică și pedagogică, București, 1968.

[2] Dumitraș, C., Militaru, C., *Așchierea metalelor și fiabilitatea sculelor așchietoare.* Editura tehnică, București, 1983.

[3] Buzatu, C. *Considerații privind noi posibilități de economisire a energiei electrice consumate la prelucrările prin așchiere.* In: Energetica, nr. 7/1982, p. 304—308.

[4] Buzatu, C. *Optimizarea parametrilor regimului de așchiere la prelucrările prin strunjire din punctul de vedere al consumului minim de energie electrică.* In: Energetica, nr. 9/1983, p. 379—384.

(Primit la 31 mai 1984, acceptat la 11 august 1984).

Determinarea timpului de demaraj al unei acționări cu motor asincron trifazat prevăzut cu autotransformator bifazat de pornire

Ing. Liviu Cauciu, ing. Nicolae Oprișiu, ing. Constantin Zamfira *

Introducere

În vederea pornirii unei acționări cu motor electric asincron trifazat, cînd se urmărește reducerea curentului absorbit de motor de la rețea, se folosesc diverse metode pentru reducerea tensiunii aplicate la bornele motorului. Una din metode este utilizarea unui transformator bifazat în schema de alimentare a motorului. Articolul prezintă determinarea mărimilor electrice pentru această schemă și a timpului de pornire a acționării.

1. Determinarea mărimilor electrice pentru pornirea cu autotransformator bifazat

În figura 1 se prezintă schema de pornire cu autotransformator bifazat. Poziția întrerupătoarelor este poziția de repaus. Pentru pornirea motorului se închide întrerupătorul tripolar. În felul acesta tensiunea barei de alimentare se aplică primarului autotransformatorului, iar la bornele motorului se aplică tensiunea redusă din secundar. După un anumit timp ales funcție de caracteristicile acționării se comută întrerupătorul tetrapolar. Astfel, înfășurările autotransformatorului se scot de sub tensiune și întreaga tensiune a barei de alimentare se aplică la bornele motorului.

În figura 2 se prezintă schema echivalentă în care autotransformatorul bifazat s-a modelat prin schema în gama. Impedanțele se introduc în schemă cu valorile lor raportate la același nivel de tensiune, ținînd cont de raportul de transformare al autotransformatorului k, definit ca raportul în gol între tensiunea secundară și cea primară. Rezolvînd circuitul din schema echivalentă se obțin relațiile prezentate în anexă, relații care permit calculul tensiunilor și curenților în diverse puncte.

Regimul de pornire cu autotransformator bifazat este un regim asimetric, chiar la simetria tensiunilor de alimentare. Pentru exemplificare este prezentată în figura 3 diagrama fazorială pentru momentul inițial al pornirii în cazul unei scheme ai cărei parametri au fost raportați la tensiunea secundară și pentru care s-au considerat numai reactanțele.

Pentru determinarea mărimilor electrice în timpul procesului de pornire a acționării se consideră pentru motor o succesiune de regimuri staționare și se calculează impedanța motorului pentru diverse alunecări. Utilizînd relațiile din anexă se calculează valorile tensiunilor și curenților funcție de alunecarea motorului. Sistemul de tensiuni aplicate la bornele motorului fiind asimetric, acesta se poate descompune într-un sistem de succesiune directă, care creează un cuplu motor, și un sistem de succesiune inversă, care creează un cuplu de

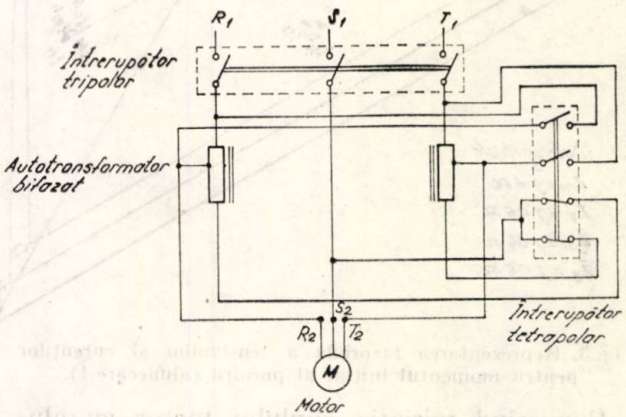


Fig. 1. Schema de pornire cu autotransformator bifazat.

* Autorii lucrează la ICEMENERG București.

frînare. Cuplul de frînare se poate neglija, avînd în vedere că pentru valorile uzuale de impedanţe ale schemei tensiunea inversă este foarte mică.

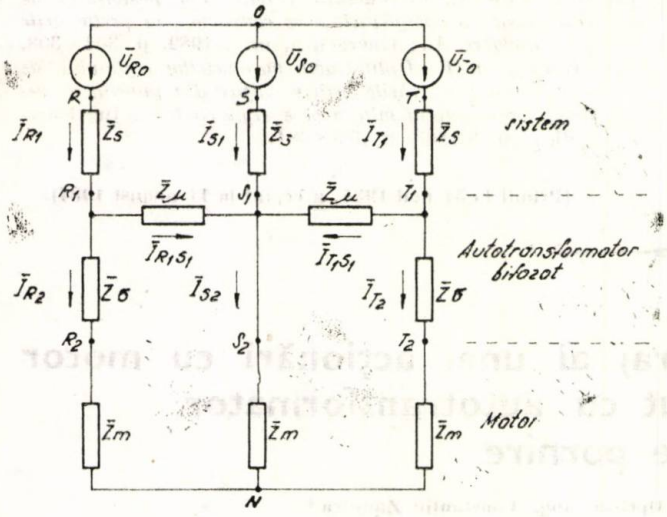


Fig. 2. Schema echivalentă.

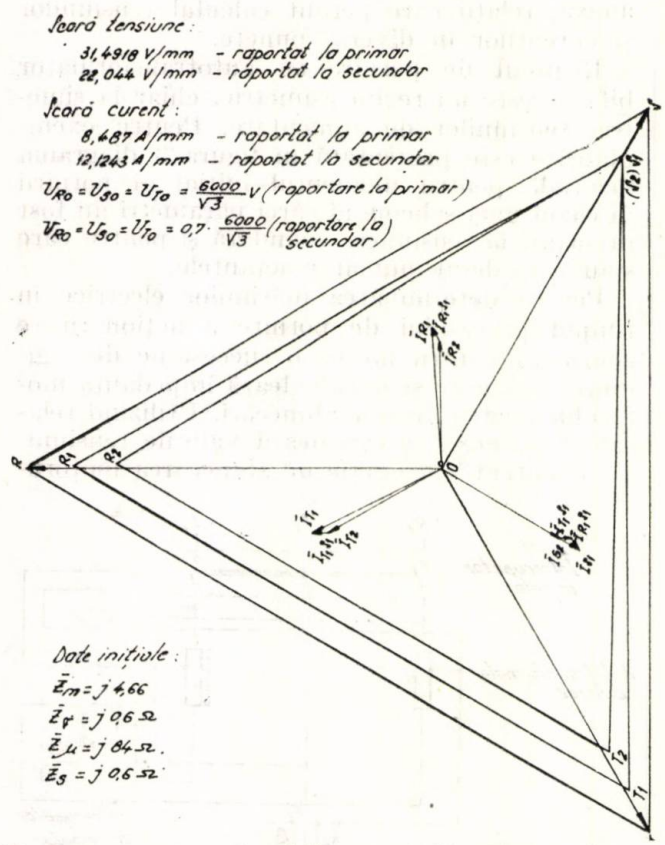


Fig. 3. Reprezentarea fazorială a tensiunilor şi curenţilor pentru momentul iniţial al pornirii (alunecare 1).

Cunoscînd variaţia cuplului motor cu alunecarea pentru tensiunea nominală şi valoarea tensiunii directe aplicate motorului pentru diverse alunecări, se poate deduce variaţia cuplului funcţie de alunecarea în timpul pornirii cu autotransformator, reducînd cuplul motor de la tensiunea nominală cu pătratul raportului între tensiuni.

2. Determinarea timpului de pornire a acţionării

Determinarea timpului de pornire se face prin integrarea ecuaţiei de mişcare a acţionării:

$$J \frac{d\Omega}{dt} = M_m - M_{rez},$$

unde:

M_m este cuplul motor;
M_{rez} — cuplul rezistent;
J — momentul de inerţie total al ansamblului.

Timpul de pornire va fi:

$$t_p = \int_0^{\Omega_{regim}} J \cdot \frac{d\Omega}{M_m - M_{rez}}.$$

În figura 4 s-a reprezentat variaţia cu alunecarea a cuplului motor la tensiunea nominală M_{mU_n}, a cuplului motor la tensiunea redusă prin autotransformator M_{mU_r} şi a cuplului rezistent M_{rez} al mecanismului antrenat. Domeniul între alunecarea 1 şi alunecarea de regim se împarte în $N - 1$ intervale, în aşa fel încît, în cadrul fiecărui interval, caracteristicile cuplurilor motor şi rezistent să poată fi asimilate cu drepte. Considerînd caracteristicile cuplurilor reprezentate în unităţi relative (raportate la cuplul nominal al motorului), prin integrarea ecuaţiei mecanice pe cele N — 1 intervale rezultă timpul de pornire:

$$t_p = \frac{J \cdot \omega}{p \cdot M_n} \sum_{i=1}^{N-1} \frac{s_i - s_{i+1}}{M_{m_{i+1}} - M_{rez_{i+1}} - (M_{m_i} - M_{rez_i})} \cdot \ln \frac{M_{m_{i+1}} - M_{rez_{i+1}}}{M_{m_i} - M_{rez_i}},$$

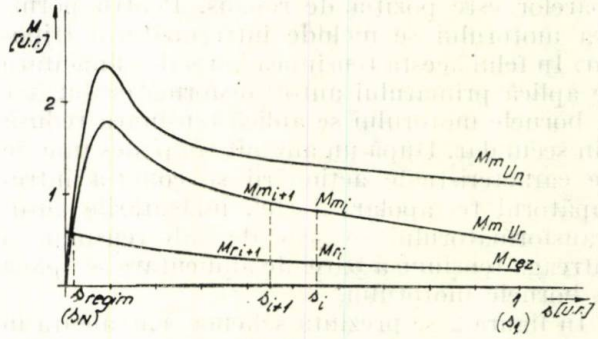


Fig. 4. Reprezentarea cuplurilor motor şi rezistent funcţie de alunecare.

unde:

J este momentul de inerţie al ansamblului, redus la arborele motorului, [kg · m²];
ω — pulsaţia reţelei de alimentare, [s $^{-1}$];

M_n — cuplul nominal al motorului, [N · m];
p — numărul de perechi de poli ai motorului;
M_m — cuplul motor, [u. r.];
M_{rez} — cuplul rezistent redus la arborele motorului, [u. r.].

Pe porțiunea unde dreptele cuplurilor sînt paralele se utilizează formula:

$$\Delta t = \frac{J \cdot \omega}{p \cdot M_n \cdot (M_{mi} - M_{rezi})} (s_i - s_{i+1}).$$

Pentru a se evita nedeterminarea care rezultă pentru alunecarea de regim, punctul N nu se alege la intersecția între caracteristica cuplului motor cu cea a cuplului rezistent (deci unde $M_{m_N} = M_{rez_N}$), ci la o valoare foarte apropiată de alunecare de regim, unde $M_{m_N} \neq M_{rez_N}$.

Determinînd timpii de pornire parțiali pentru fiecare interval, se poate reprezenta variația în timp a alunecării motorului în timpul pornirii acționării.

Dacă întrerupătorul tetrapolar din schema de pornire cu autotransformator comută înainte ca acționarea să ajungă în regim staționar, calculul se face considerînd în continuare pentru cuplul motor caracteristica corespunzătoare tensiunii pe bara de alimentare.

3. Concluzii

Regimul de pornire cu autotransformator bifazat este un regim asimetric, însă pentru valorile uzuale ale impedanțelor asimetria este mică. Timpul de pornire a acționării se poate determina cu suficientă precizie considerînd intervale suficient de mici pe caracteristica cuplului funcție de alunecare și efectuînd integrarea ecuației mecanice pe aceste intervale.

ANEXĂ

Formule de calcul referitoare la schema echivalentă din figura 2

$$I_{R1} = \frac{\bar{A}(\bar{U}_{RO} - \bar{U}_{SO}) + \bar{B}(\bar{U}_{SO} - \bar{U}_{TO})}{\bar{C}}$$

$$I_{S1} = \frac{(\bar{A} - \bar{B})(2\bar{U}_{SO} - \bar{U}_{RO} - \bar{U}_{TO})}{\bar{C}}$$

$$I_{T1} = -\frac{\bar{B}(\bar{U}_{RO} - \bar{U}_{SO}) + \bar{A}(\bar{U}_{SO} - \bar{U}_{TO})}{\bar{C}}$$

$$\bar{A} = 2\bar{Z}_m + 2\bar{Z}_S + \bar{Z}_\sigma + \left(\frac{1}{\bar{Z}_\mu} + \frac{2\bar{Z}_S}{\bar{Z}_\mu^2}\right)(3\bar{Z}_m^2 + 4\bar{Z}_m\bar{Z}_\sigma + \bar{Z}_\sigma^2) + 4\bar{Z}_S\frac{2\bar{Z}_m + \bar{Z}_\sigma}{\bar{Z}_\mu}$$

$$\bar{B} = \bar{Z}_m + \bar{Z}_S + 2\bar{Z}_S\frac{2\bar{Z}_m + \bar{Z}_\sigma}{\bar{Z}_\mu} + \bar{Z}_S\frac{3\bar{Z}_m^2 + 4\bar{Z}_m\bar{Z}_\sigma + \bar{Z}_\sigma^2}{\bar{Z}_\mu^2}$$

$$\bar{C} = \left(1 + \frac{3\bar{Z}_S^2}{\bar{Z}_\mu^2}\right)(3\bar{Z}_m^2 + 4\bar{Z}_m\bar{Z}_\sigma + \bar{Z}_\sigma^2) + \bar{Z}_S(3\bar{Z}_S + 6\bar{Z}_m + 4\bar{Z}_\sigma) + 2\bar{Z}_S\frac{6\bar{Z}_m^2 + 6\bar{Z}_m\bar{Z}_S + 8\bar{Z}_m\bar{Z}_\sigma + 3\bar{Z}_S\bar{Z}_\sigma + 2\bar{Z}_\sigma^2}{\bar{Z}_\mu}$$

$$I_{R2} = \frac{\bar{A}'(\bar{U}_{RO} - \bar{U}_{SO}) + \bar{B}'(\bar{U}_{SO} - \bar{U}_{TO})}{\bar{C}}$$

$$I_{S2} = \frac{(\bar{A}' - \bar{B}')(2\bar{U}_{SO} - \bar{U}_{RO} - \bar{U}_{TO})}{\bar{C}}$$

$$I_{T2} = -\frac{\bar{B}'(\bar{U}_{RO} - \bar{U}_{SO}) + \bar{A}'(\bar{U}_{SO} - \bar{U}_{TO})}{\bar{C}}$$

$$\bar{A}' = 2\bar{Z}_m + 2\bar{Z}_S + \bar{Z}_\sigma + \bar{Z}_S\frac{5\bar{Z}_m + 2\bar{Z}_\sigma}{\bar{Z}_\mu}$$

$$\bar{B}' = \bar{Z}_m + \bar{Z}_S + \bar{Z}_S\frac{4\bar{Z}_m + \bar{Z}_\sigma}{\bar{Z}_\mu}$$

$$\bar{U}_{R1S1} = \bar{U}_{RO} - \bar{U}_{SO} + \bar{Z}_S(I_{S1} - I_{R1})$$

$$\bar{U}_{S1T1} = \bar{U}_{SO} - \bar{U}_{TO} + \bar{Z}_S(I_{T1} - I_{S1})$$

$$\bar{U}_{T1R1} = -(\bar{U}_{R1S1} + \bar{U}_{S1T1})$$

$$\bar{U}_{R1R} = -I_{R1}\bar{Z}_S;\ \bar{U}_{S1S} = -I_{S1}\bar{Z}_S;\ \bar{U}_{T1T} = -I_{T1}\bar{Z}_S$$

$$\bar{U}_{R2S2} = \bar{U}_{R1S1} - I_{R2}\bar{Z}_\sigma$$

$$\bar{U}_{S2T2} = \bar{U}_{S1T1} + I_{T2}\bar{Z}_\sigma$$

$$\bar{U}_{T2R2} = -(\bar{U}_{R2S2} + \bar{U}_{S2T2})$$

$$\bar{U}_{R2R} = \bar{U}_{R1R} - I_{R2}\bar{Z}_\sigma$$

$$\bar{U}_{T2T} = \bar{U}_{T1T} - I_{T2}\bar{Z}_\sigma$$

$$\bar{U}_{d2} = \frac{1}{3}(\bar{U}_{R2S2} + a\bar{U}_{S2T2} + a^2\bar{U}_{T2R2})$$

$$\bar{U}_{i2} = \frac{1}{3}(\bar{U}_{R2S2} + a^2\bar{U}_{S2T2} + a\bar{U}_{T2R2})$$

unde: $a = e^{j\frac{2\pi}{3}}$; $a^2 = e^{-j\frac{2\pi}{3}}$

(Primit la 21 iunie 1984, acceptat la 19 iulie 1984

Posibilități de economisire a energiei, rezultate din cercetare, la un cuptor electric cu arc de 100 t pentru elaborarea oțelurilor, proiectat să lucreze în regim UHP

Ing. Șerban Coteneseu *

Energy Saving Possibilities, Resulted from Research, at an Electric 100 t Arc Furnace Designed to Operate at UHP Regime

(Condensed from the paper in Romanian)

At an electric arc furnace Schwabe's relation corrected with the maximum wear height versus the metallic bath has the expression:

$$R_e' = \frac{P_a V_a}{d^2 + th^2} \left[\frac{\text{V kW}}{\text{cm}^2}\right]$$

where:

R_e' is the refractory wear index;
P_a — the active power dissipated on the arc;
V_a — the arc voltage;
d — the distance between the electrode border and the interior wall of the refractory brickwork;
h — the maximum wear height.

To the constant arc parameters and to a high location of the "arc focus" there corresponds a minimum wear intensity and a reduced front of the "hot area".

By summing up h^2 to the denominator the influence of the "screening" of the primary slag and the "arc deflection" on the thermal strain of the walls are taken into account.

Due to the proximity effect of parallel conductors to the presence of ferromagnetic materials in the vicinity of the conductors and to the temperature increase the real reactance (during load operation) is higher than the reactance determined by shortcircuit tests, its value variations location being within the short network area (the transformer's secondary circuit).

The author has used a method which has enabled him to determine the reactance's value at the moment when the maximum active power is vehiculated through the circuit.

Then, when on a certain voltage step, at its rated value, $\cos\varphi = 0.707$, the active power absorbed from the network has the maximum value and is equal to that of the reactive power.

From relation

$$P_{ab\ max} = \frac{U_f^2}{2X} \quad [W/f]$$

the real reactance value is determined. In this relation:

$P_{ab\ max}$ is the maximum monophasic active power absorbed from the network;
U — the phase voltage;
X — the real supply circuit phase reactance.

With this value and with that one of the resistance determined by triphasic shortcircuit tests (when the total power developed in the furnace is intended to be determined, the triphasic shortcircuit test is safer than the biphasic shortcircuit test [6]), the real furnace operation characteristics are calculated or deduced from the circle diagram.

With the 100 t furnace under study (the furnace itself and the short network being made in Romania while the 50/60 MVA supply transformer is imported from Japan) the ratio $\frac{X}{R} \approx 7$ while in absolute values the electric characteristics have the following values:

$$R_t = 0.478 \cdot 10^{-3}\ \Omega$$

$$X_t = 3.349 \cdot 10^{-3}\ \Omega$$

$$Z_t = 3.383 \cdot 10^{-3}\ \Omega$$

for the total circuit, from which, for the short network:

$$R_{rs} = 0.369 \cdot 10^{-3}\ \Omega$$

$$X_{rs} = 2.935 \cdot 10^{-3}\ \Omega$$

$$Z_{rs} = 2.2958 \cdot 10^{-3}\ \Omega$$

With their help, the real operation characteristics of the furnace operation have been traced: $P_{ab} = f(I_2)$, $P_u = f(I_2)$, $\cos\varphi = f(I_2)$, $\eta_e = f(I_2)$, $p_e = f(I_2)$, $Re = f(I_2)$, $U_a = f(I_2)$, where P_{ab} and P_u represent active powers (the one absorbed from the network, the useful one within the arc, respectively), $\cos\varphi$ = the power factor, η_e is the electric efficiency, p_e are the supply network losses, Re is the refractory wear index, U_a is the arc voltage, I_2 is the secondary current. For the maximum voltage step (21Δ, $U_2 = 610.5$ V) the following values which correspond to the optimal power in the electric arc: $P_{op} = 48$ MW, $I_2 = 69$ kA, $P_{ab} = 55$ MW ($0.99\ P_{ab\ max}$), $S_{ab} = 73$ MVA, $\cos\varphi = 0.755$, $\eta_e = 0.88$ $Re = 102 \frac{\text{VkW}}{\text{cm}^2}$ ($0.91\ Re_{max}$).

Due to the limits set by the transformer manufacturer it can operate only on the point of the diagram to which following values correspond: $S_{ab} = 60$ MVA, $I_2 = 57$ kA, $P_{ab} = 50.5$ MW, $P_a = 76$ MW ($0.958\ P_{cb}$), $\cos\varphi = 0.84$ $\eta_e = 0.92$, $Re = 112 \frac{\text{VkW}}{\text{cm}^2}$ (Re_{max}).

The minute analysis of the real operation characteristics leads to the conclusion that from the multitude of possible operations, besides the one mentioned above, the one can be considered as interesting, i.e. which refers to the operation according to the following values from the tap 19Δ ($U_2 = 549.7$ V), $S_{ab} = 59.3$ MVA, $I_2 = 62.2$ kA, $P_{ab} = 44.76$ MW, $P_u = 39.2$ MW (optimal for this tap and 82% from $P_{u\ max}$), $\cos\varphi = 0.755$, $\eta_e = 0.88$, $R_e = 74.78 \frac{\text{VkW}}{\text{cm}^2}$ ($0.668\ R_{emax}$),

Solutions for counteracting the disadvantages caused by the excessive walls heating (R_e is maximal in the variant $S_{ab} = 60$ MVA on the tap 21 Δ or on other tap close to this one) are known and applied by the specialized firms and partially in our country as well:

— water cooling of the stock walls, mainly in the "arc intensity focus" area;

— using at the melting finish a high basic slag $\left(\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2} = 1.8 - 2.11\right)$ and a FeO content of 12 — 16%;

— reducing the diameter of the circle on which the centers of the three electrodes are placed; e.g.: reducing the diameter

* Ing. Șerban Cotenescu este cercetător științific principal la ICEMENERG.

from $O = 1\,600$ mm to $O' = 1400$ mm, Re falls by 14%.

If one also takes into account the decrease by 25 — 30% of the value Re due to the screening effect of the primary slag and of the arc deflection effect versus the bath surface if refractory wear index value enables the operation with major value of the powers.

The specific energies of the metallic charges portions are calculated with the general relation:

$$e_k = e\left(1 + \alpha_1 \frac{G_1}{G_k} + \alpha_2 \frac{G_2}{G_k} + \ldots + \alpha_{k-1} \frac{G_{k-1}}{G_k}\right)\left[\frac{\text{kWh}}{\text{t}}\right]$$

where

e_k is the specific energy of portion k;
G_k — the weight of portion k;
e — the specific energy needed for melting one ton of charge;

$\alpha_{k-1} = \frac{G'_{k-1}}{G_{k-1}}$ (G'_{k-1} — the unmolten quantity from portion G_{k-1}).

In the practical calculations $e = 400$ kWh/t (determined experimentally), $\alpha_1 = 0.5 \div 0.665$; $\alpha_2 \div \alpha_{k-1} = 1$ [12].

For the studied furnace there have been calculated five operation variants starting from the following premises:

— the metallic charge weighs 120 t and consists of two portions (variants A, B, C, D), three portions, respectively (variant D);

— the specific portions charge weight is 1.4 — 1.6 t/m³ for the first portion and 0.8 — 1 t/m³ for portions 2 and 3;

— there are calculated: the current, the power factor, the impedance and energy consumed for every position of each transformer voltage tap, positions established after analyzing the operation characteristics; this information can constitute program elements for process computer assisted operation.

The calculation results show that, for all five variants, the metallic charge melting time is reduced by 27.6 — 38.1% as compared to the operation according to the real average balance, but only in two of the cases (variants A and B) one can obtain also energy savings (1.88 — 2.25 million kWh/year/furnace). The cause is constituted by the electric losses, which, in the case of variants C, D and E exceed the thermal losses reductions (the average current has high values, the time taken by the melting duration reduction is not sufficient).

Regarding the performances of our installations, one can notice the satisfactory value of the short network reactance of the 100 t furnace under study (2.9 mΩ versus 2.5 mΩ mentioned in the reference [8] and versus 2mΩ the worldwide performances [12].)

As what regards the average steel smelting time, the tap performance is held by a 100 t furnace with a 75 MVA transformer with a smelting time of 1.5 h [8] (the average high quality carbon steel smelting time was of 4.7 h in the studied furnace).

From the presentation of the method applied by the author for determining the real reactance of the supply circuit there also results an "operative" method stating the energetic performances of the 100 t furnaces.

Thus, if we take into account that from a satisfactory number of measurements it has resulted that

$$\frac{I_{sc\ teor}}{I_{sc}} = \frac{\sqrt{R^2 + X^2}}{X} \approx 1.01$$

then, one can calculate R; by determining the dynamic reactance with relation

$$X_{real} = \frac{U_f^2}{2P_{ab\ max}}\ [\Omega/\text{f}]$$

one can calculate the real furnace operation characteristic with an acceptable precision (for the values voltage, current, power, the measurement and/or monitoring devices from the furnace pannel are used).

Thus, the energetic analysis can be carried out for installations under conditions of time scarcity and lack of suitable precision class measurement devices: the carburation of the metallic bath by shortcircuit tests is thus avoided.

A special mention should be made about the process computer implementation for the smelting control; the fundamental circuit and the parameters controlled during the process evolution have been given.

The implementation of such equipment to all electric arc furnaces and mainly of the 50 and 100 t furnaces, represents the major condition to be fulfilled for an economical steel making in our country.

The 1.88 — 2.25 million kWh/year/furnace saving can be achieved only by decreasing the thermal losses time as a result of the use during smelting of the increased power admitted by the installation.

If one adopts other technical solutions, such as:

— metallic charge heating with the heat recovered from the flue gases discharged from the installation itself;
— the use of tightning rings around the electrodes;
— the cooling water heat use;
— the use of oxygen-gas burners in the "cold areas" of the stock;
— installing filters for higher harmonics and compensating the reactive power;
— metallurgy outside the furnace, etc.

then, the energy savings increase considerably.

1. Cîteva considerații despre regimul UHP

La un cuptor electric cu arc regimul de funcționare UHP (Ultra High Power) se bazează pe principiul utilizării indicelui de uzură a materialului refractar (Refractory Wear Index), un factor care permite anticiparea efectelor radiației arcului asupra pereților laterali confecționați din material refractar în funcție de puterea și de lungimea arcului, precum și pe principiul utilizării arcurilor scurte cu intensitate mare pentru factori de putere mici.

Puterile instalate specifice ale transformatoarelor de alimentare cresc față de cele ale cuptoarelor de putere normală cu valorile indicate în tabelul 1 [3].

La cuptoarele SUHP (Super Ultra High Power) puterea instalată specifică crește la 600—610 kW/t.

Cercetătorul german Schwabe a stabilit relația cu care se calculează indicele de uzură a refractoarelor:

$$Re = \frac{P_a V_a}{d^2}, \quad \left[\frac{\text{VkW}}{\text{cm}^2}\right] \qquad (1)$$

în care:

P_a și V_a sînt puterea activă, respectiv tensiunea pe arc;

d — distanța între marginea electrodului și peretele interior al zidăriei refractare.

Tabelul 1

Capacitatea cuptorului	35 t	40–90 t	⩾ 100 t
Puterea normală (kW/t)	200–350	150–300	150–250
Puterea foarte mare (kW/t)	450–550	400–500	300–400

Cercetătorul bulgar V. Kirov a introdus o corecție în relația lui Schwabe, corecție ce ține seama de intensitatea uzurii zidăriei refractare :

$$Re' = \frac{P_a V_a}{d^2 + h^2} \left[\frac{\text{VkW}}{\text{cm}^2}\right] \qquad (2)$$

în care :

P_a, V_a și d au aceeași semnificație ca în relația (1) ; h este înălțimea uzurii maxime față de suprafața băii metalice (fig. 1).

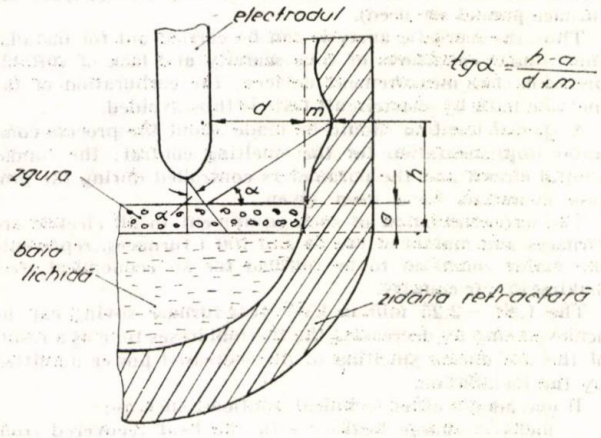


Fig. 1. Determinarea focarului intensității arcului.

La parametri constanți ai arcului electric și dispunere înaltă a „focarului arcului" corespunde o intensitate minimă a uzurii și un front redus al „zonei fierbinți".

Prin însumarea la numitor a lui h^2 se ține seama de influența pe care o are efectul de „ecranare" a zgurii primare și devierea arcului asupra încărcării termice a pereților.

Lucrul afectiv al cuptorului UHP se caracterizează, conform criteriului lui Schwabe, după încărcarea medie sub curent raportată la încărcarea maximă (valoarea raportului trebuie să fie $\geqslant 0{,}7$) și timpul de funcționare sub sarcină raportat la timpul total (ciclu) al șarjei (valoarea trebuie să fie tot $\geqslant 0{,}7$).

2. Determinarea reactanței dinamice și a caracteristicilor reale de funcționare

Ținînd seama de faptul că instalația cercetată a avut transformatoare de curent, atît pe plecările de 30 kV, cît și pe barele de joasă tensiune ale transformatorului, s-a adoptat schema cu aparate de măsură prezentată în figura 2.

S-a determinat reactanța circuitului de alimentare în condiții de scurtcircuit (cu vîrfurile electrozilor introduse în baia lichidă 100–150 mm) și în funcționarea normală, înregistrîndu-se mărimile electrice : tensiune, curent, putere (activă, reactivă), $\cos\varphi$.

Rezultatele au evidențiat două aspecte principale :

a. Raportul reactanțelor $\frac{X_{real}}{X_{sc}}$ este supraunitar, în sensul creșterii pe măsura creșterii valorii $\cos\varphi$.

Curbele reactanței circuitului secundar $X_2 = f(\cos\varphi)$ sînt redate în figura 3 pentru treptele 21λ, 4Δ, 5Δ, 12Δ, 16Δ și 17Δ.

Cauzele creșterii valorii reactanței trebuie localizate în principal în zona rețelei scurte, acolo unde se obține 88% din valoarea reactanței totale și aceasta datorită a trei factori :

— efectul de proximitate al conductoarelor paralele ;

— prezența materialelor feromagnetice în apropierea conductoarelor (care implică modificarea reluctanțelor circuitului magnetic) ;

— creșterea temperaturii.

b. Este mai corect ca reactanța de calcul al caracteristicilor reale ale cuptorului să fie determinată pe baza relației :

$$X_{real} = \frac{U_f^2}{2\,P_{ab\,max}} \; [\Omega/\text{fază}] \qquad (3)$$

în care : U_f este tensiunea pe fază ;

P_{abmax} — puterea activă monofazică maximă absorbită de la rețea.

În cazul cuptorului cercetat s-au înregistrat tensiunile, puterile activă și reactivă și s-au reținut valorile puterii active la care $\cos\varphi = 0{,}707$ (în acest moment $P_{ab} = Q_{ab}$). Acolo unde tensiunea a fost cea nominală a treptei, puterile active absorbite de la rețea la $\cos\varphi = 0{,}707$ au reprezentat $P_{ab\,max}$.

Cu valoarea reactanței determinată ca mai sus și cu valoarea rezistenței determinată din încercările de scurtcircuit s-au calculat caracteristicile de funcționare ale cuptorului, dîndu-se diverse valori curentului (în cazul de față, curentului din circuitul secundar).

Caracteristicile de funcționare pentru treapta de tensiune maximă (treapta 21 Δ la care $U_2 = 610{,}5$ V) sînt redate în figura 4.

S-a utilizat metoda analitică, relațiile de calcul fiind cele din [1, 2, 3, 5] ș.a.

În figura 5 s-au prezentat aceleași caracteristici pentru treapta 19Δ, utilizîndu-se metoda grafică (diagrama cercului, conform [2, 14] ș.a.)

Din cele prezentate pînă acum rezultă un mod „operativ" de determinare a performanțelor energetice ale unei instalații de cuptor elec-

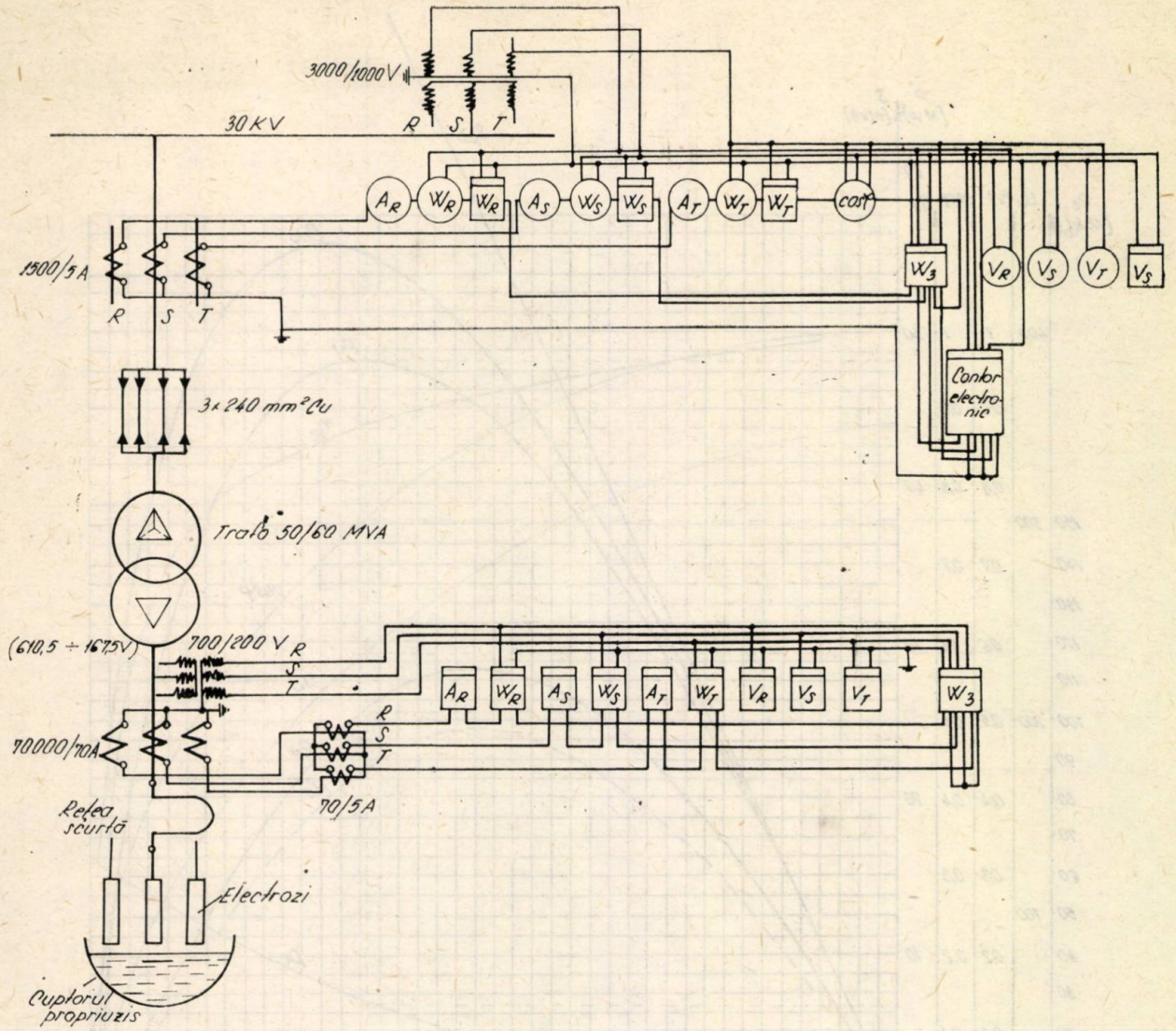


Fig. 2. Schema utilizată pentru măsurarea mărimilor electrice. Notă: 1. Aparatele indicatoare sînt de clasa de precizie 0,5 (ampermetre, voltmetre și cosφ — metru tip „METRA — R.S.C.") și de clasa 1 (voltmetre tip IRME).
2. Aparatele înregistratoare sînt de tip "METRA — R.S.C." clasa de precizie 1,5 și 2,5.
3. Transformatoarele de măsură sînt ale instalației definitive.

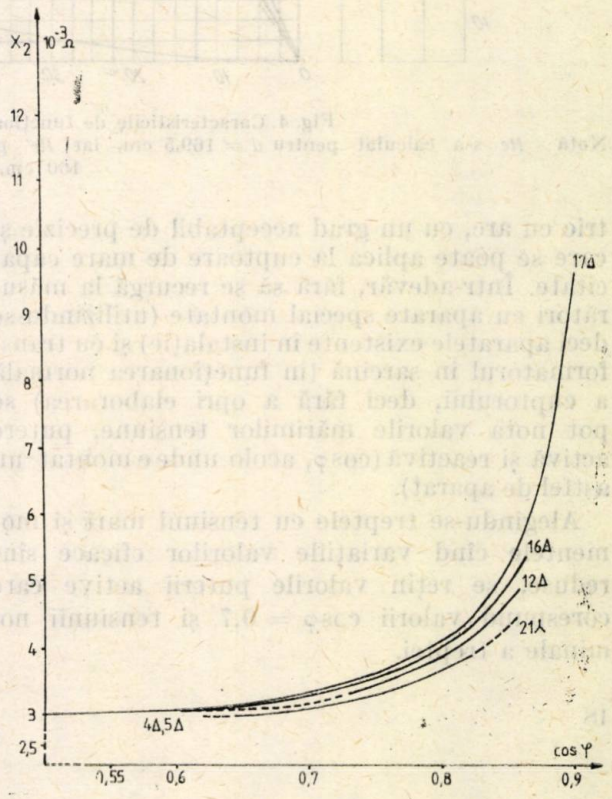


Fig. 3. Variația reactanței circuitului secundar.

Transformatorul de 50/60 MVA

Treapta	1λ/1Δ	2λ/2Δ	3λ/3Δ	4λ/4Δ	5λ/5Δ
Tensiunea [V]	167,5/290,1	172,5/298,2	176,7/306,1	181,9/315,1	187/324
	6λ/6Δ	7λ/7Δ	8λ/8Δ	9λ/9Δ	10λ/10Δ
	192,9/334,1	198,6/344	205,2/355,5	211,7/366,7	219,2/379,7
	11λ/11Δ	12λ/12Δ	13λ/13Δ	14λ/14Δ	15λ/15Δ
	226,7/392,7	235,3/407,6	244/422,5	254/439,9	264,8/458,7
	16λ/16Δ	17λ/17Δ	18λ/18Δ	19λ/19Δ	20λ/20Δ
	276,7/479,2	286,7/500	302,8/524,5	317,4/549,7	334/578,5
	21λ/21Δ				
	352,5/610,5				

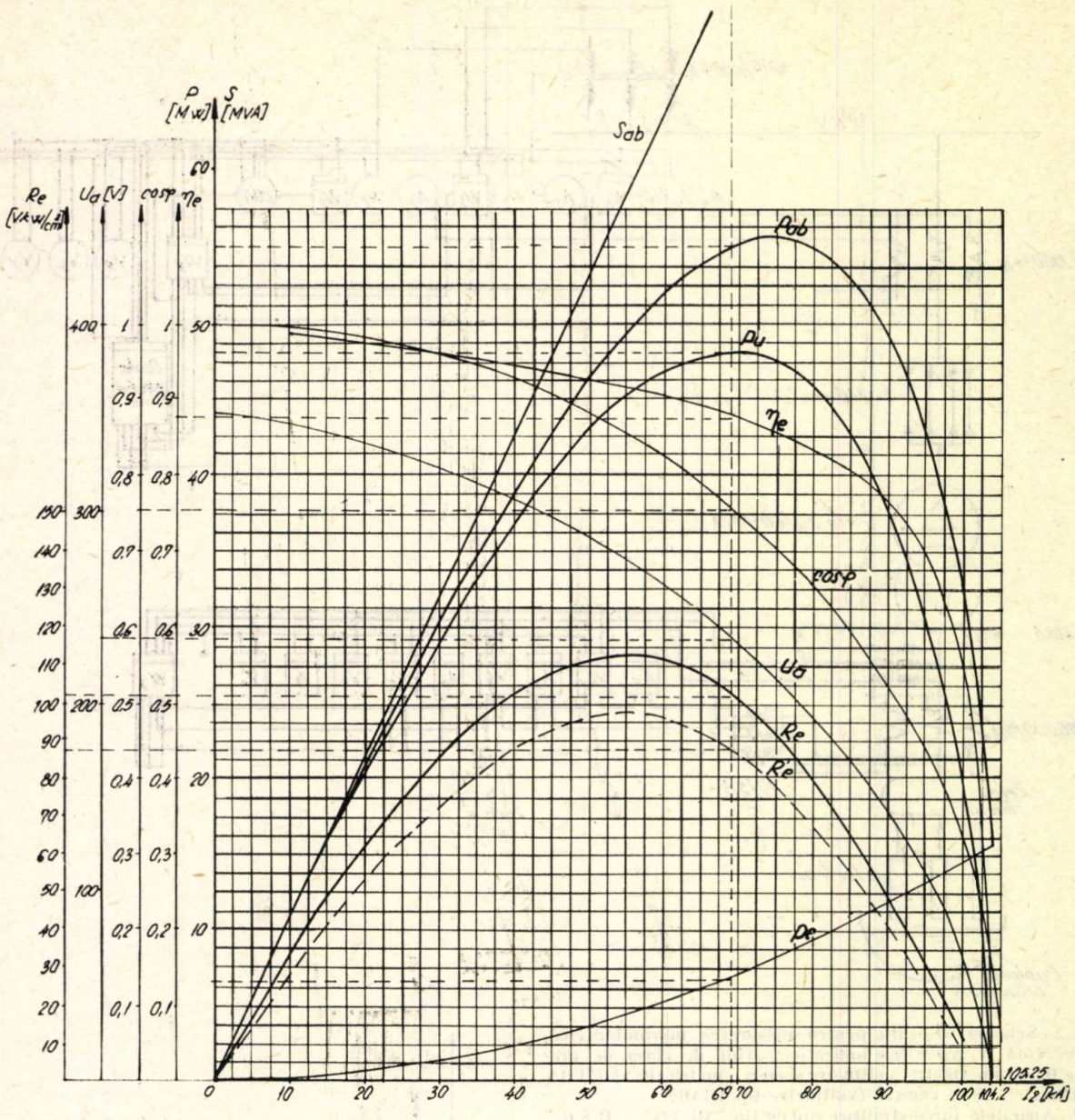


Fig. 4. Caracteristicile de funcționare pe treapta de tensiune maximă (21Δ).

Notă: *Re* s-a calculat pentru $d = 169{,}5$ cm, iar *Re'* pentru $d = 182{,}5$ cm (diametrul cercului cu centrele electrozilor 160 cm, respectiv 140 cm).

tric cu arc, cu un grad acceptabil de precizie și care se poate aplica la cuptoare de mare capacitate. Într-adevăr, fără să se recurgă la măsurători cu aparate special montate (utilizîndu-se deci aparatele existente în instalație) și cu transformatorul în sarcină (în funcționarea normală a cuptorului, deci fără a opri elaborarea) se pot nota valorile mărimilor tensiune, putere activă și reactivă (cos φ, acolo unde e montat un astfel de aparat).

Alegîndu-se treptele cu tensiuni mari și momentele cînd variațiile valorilor eficace sînt reduse, se reține valorile puterii active care corespund valorii $\cos\varphi = 0{,}7$ și tensiunii nominale a treptei.

Cu ajutorul relației (3) se determină reactanța circuitului de alimentare, iar cu relația:

$$I_{sc\ teor} = \frac{U_f}{X}\ [\mathrm{A}] \qquad (4)$$

se calculează valoarea teoretică a curentului de scurtcircuit (diametrul cercului — loc geometric al vîrfurilor vectorilor curent din schema echivalentă simplificată [2]).

Rezistența circuitului de alimentare se poate determina știind că raportul:

$$\frac{I_{sc\ tecr}}{I_{sc}} = \frac{\sqrt{R^2 + X^2}}{X} = 1{,}01, \qquad (5)$$

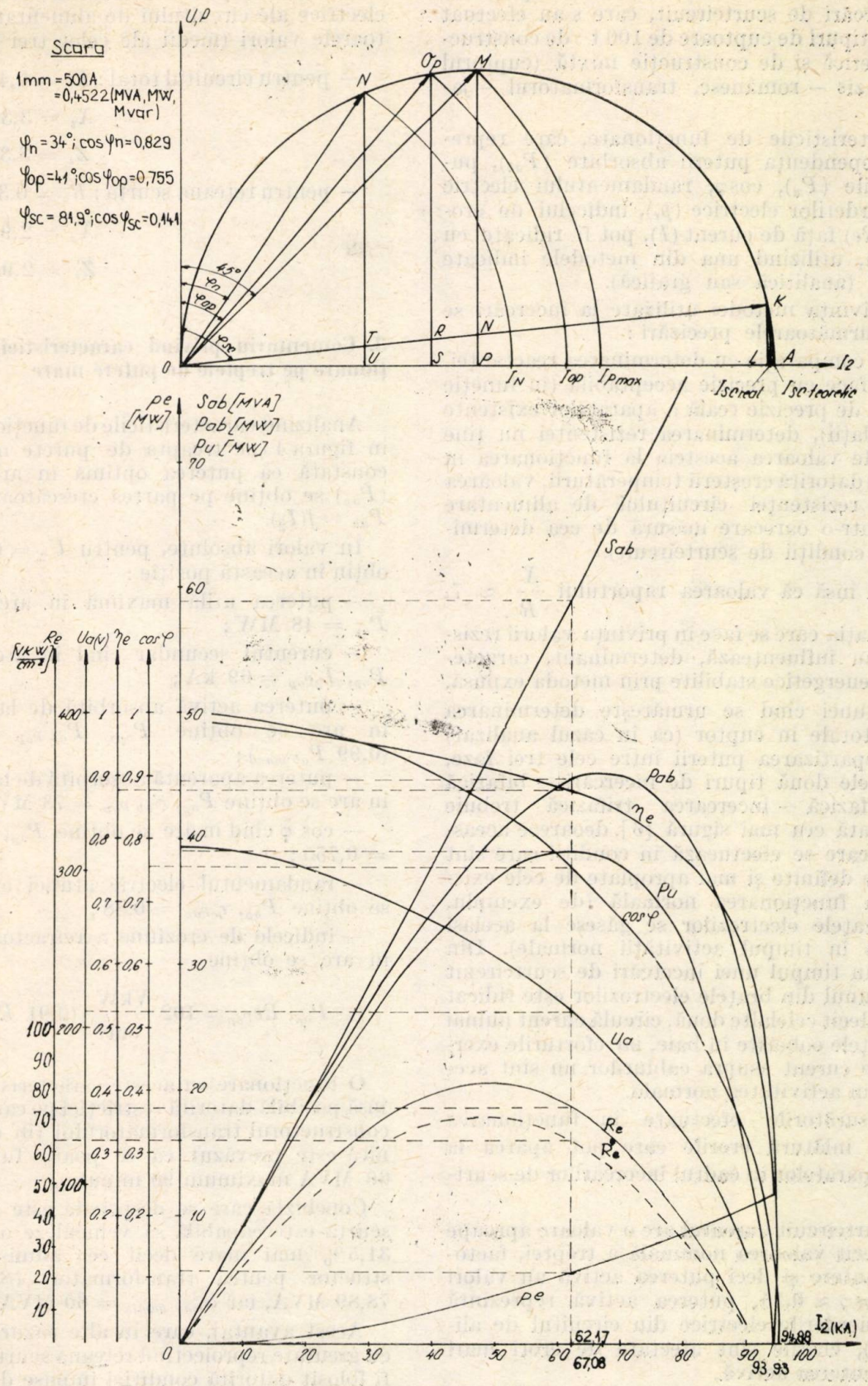


Fig. 5. Diagrama cercului şi caracteristicile de funcţionare pe treapta 19Δ.

Notă: *Re* s-a calculat pentru $d = 169{,}5$ cm, iar *Re'* pentru $d = 182{,}5$ cm (diametrul cercului cu centrele electrozilor de 160 cm, respectiv 140 cm).

așa cum a rezultat dintr-un număr apreciabil de încercări de scurtcircuit, care s-au efectuat la două tipuri de cuptoare de 100 t : de construcție sovietică și de construcție mixtă (cuptorul propriu-zis — românesc, transformatorul — japonez).

Caracteristicile de funcționare, care reprezintă dependența puterii absorbite (P_{ab}), puterii utile (P_u), cosφ, randamentului electric (η_e), pierderilor electrice (p_e), indicelui de eroziune (Re) față de curent (I), pot fi ridicate cu ușurință, utilizînd una din metodele indicate anterior (analitică sau grafică).

În privința metodei utilizate la încercări se impun următoarele precizări :

a) În comparație cu determinarea reactanței, care se face cu precizie acceptabilă (în funcție de clasa de precizie reală a aparatelor existente în instalații), determinarea rezistenței nu ține seama de valoarea acesteia la funcționarea în sarcină (datorită creșterii temperaturii, valoarea reală a rezistenței circuitului de alimentare diferă într-o oarecare măsură de cea determinată în condiții de scurtcircuit).

Știind însă că valoarea raportului $\frac{X}{R} \approx 7$, aproximația care se face în privința valorii rezistenței nu influențează, determinant, caracteristicile energetice stabilite prin metoda expusă.

b) Atunci cînd se urmărește determinarea puterii totale în cuptor (ca în cazul analizat) și nu repartizarea puterii între cele trei faze, dintre cele două tipuri de încercări — bifazică sau trifazică — încercarea trifazică trebuie considerată cea mai sigură [6], deoarece această încercare se efectuează în condiții care sînt mai bine definite și mai apropiate de cele existente în funcționarea normală (de exemplu, toate brațele electrozilor se găsesc la același nivel ca în timpul activității normale). Din contră, în timpul unei încercări de scurtcircuit bifazic, unul din brațele electrozilor este ridicat mai sus decît celelalte două, circulă curent numai prin brațele coborîte în baie, iar eforturile exercitate de curent asupra cablurilor nu sînt aceleași ca în activitatea normală.

c) Măsurătorile efectuate în funcționarea normală înlătură erorile care pot apărea la citirea aparatelor în cadrul încercărilor de scurtcircuit.

La scurtcircuit curentul are o valoare aproape dublă decît valoarea nominală a treptei, factorul de putere și deci puterea activă au valori mici (cos$\varphi \approx 0{,}15$, puterea activă reprezintă numai pierderile electrice din circuitul de alimentare), citirile sînt afectate de erori mari pentru puterea activă.

Numai folosirea aparatelor cu clasă mare de precizie și cu trepte de măsură înlătură în acest caz neajunsurile.

În cazul cuptorului cercetat, caracteristicile electrice ale circuitului de alimentare au următoarele valori (medii ale celor trei faze) :

— pentru circuitul total : $R_t = 0{,}478 \cdot 10^{-3}\ \Omega$;

$X_t = 3{,}349 \cdot 10^{-3}\ \Omega$;

$Z_t = 3{,}383 \cdot 10^{-3}\ \Omega$;

— pentru rețeaua scurtă : $R_s = 0{,}369 \cdot 10^{-3}\ \Omega$;

$X_s = 2{,}935 \cdot 10^{-3}\ \Omega$;

$Z_s = 2{,}958 \cdot 10^{-3}\ \Omega$.

3. Comentariu privind caracteristicile de funcționare pe treptele de putere mare

Analizînd caracteristicile de funcționare redate în figura 4 (pe treapta de putere maximă), se constată că puterea optimă în arcul electric (P_{op}) se obține pe partea crescătoare a curbei $P_{ab} = f(I_2)$.

În valori absolute, pentru $U_2 = 610{,}5\ V$, se obțin în această poziție :

— puterea utilă maximă în arcul electric, $P_{op} = 48$ MW ;

— curentul secundar cînd în arc se obține P_{op}, $I_{2Pop} = 69$ kA ;

— puterea activă absorbită de la rețea cînd în arc se obține P_{op}, $P_{ab\,Pop} = 55$ MW ($0{,}99\ P_{ab\,max}$) ;

— puterea aparentă absorbită de la rețea cînd în arc se obține P_{op}, $S_{ab\,Pop} = 73$ MVA ;

— cos φ cînd în arc se obține P_{op}, cos$\varphi\, P_{op} = 0{,}755$;

— randamentul electric atunci cînd în arc se obține P_{op}, $\eta_{ePop} = 0{,}88$;

— indicele de eroziune a refractoarelor cînd în arc se obține

$$P_{op},\ Re_{Pop} = 102\ \frac{\text{VkW}}{\text{cm}^2}\ (0{,}91\ Re_{max}).$$

O funcționare cu aceste caracteristici nu este însă posibilă datorită restricției pe care o impune constructorul transformatorului (în cartea tehnică este prevăzut că se poate funcționa cu 60 MVA maximum 90 minute).

Concluzia care se desprinde este că rețeaua scurtă este capabilă să vehiculeze o putere cu 31,5 % mai mare decît cea admisă de constructor pentru transformator ($S_{max\ posibil} = 78{,}89$ MVA, iar $S_{max\ admis} = 60$ MVA).

Acest avantaj, care în alte cazuri se obține cu greutate reproiectînd rețeaua scurtă nu poate fi folosit datorită condiției impuse de constructor pentru transformator (garantarea utilajului este condiționată de respectarea acestei condiții).

Valorile mărimilor și indicatorilor corespunzătoare puterii maxime admise (60 MVA) sînt :

$I_2 = 57$ kA ;
$P_{ab} = 50{,}5$ MW ;
$P_u = 46$ MW ;
$\cos\varphi = 0{,}84$;
$\eta_e = 0{,}92$;

$$Re = 112 \frac{\text{VkW}}{\text{cm}^2}.$$

În această poziție puterea utilă este mai mică cu 4,2% decît puterea optimă, iar indicele de eroziune are valoarea maximă. În schimb, factorul de putere și randamentul au valori ridicate. În afora valorii micșorate a puterii utile, valoarea maximă a indicelui de eroziune este aspectul care se reține, arătînd că în acest punct al diagramei consumul de materiale refractare este maxim.

O funcționare pe partea descrescătoare a curbei $Re = f(I_2)$ nu este posibilă datorită depășirii puterii aparente admise (60 MW),iar o alta pe partea ascendentă conduce la scăderea rapidă a puterii utile în arc (de exemplu, la jumătatea valorii Re, $P_u = 12{,}5$ MWA, adică numai 26% din puterea optimă).

O analiză asemănătoare se poate face și pentru treapta 20 Δ (pentru care nu s-au mai dat diagramele).

Funcționarea care mai poate fi luată în seamă din punctul de vedere al puterii utile este aceea corespunzătoare lui P_{op} de pe treapta 19Δ (diagrama din figura 5).

În această poziție, pentru $U_2 = 549{,}7$ V se obțin :

$I_2 = 62{,}2$ kA ;
$P_{ab} = 44{,}76$ MW ;
$P_u = 39{,}2$ MW (optimă pentru această treaptă) ;
$\cos\varphi = 0{,}755$;
$\eta_e = 0{,}88$;
$S_{ab} = 59{,}3$ MVA (aproape de limita admisă de constructor) ;

$$Re = 74{,}78 \frac{\text{VkW}}{\text{cm}^2}.$$

Deci, $P_u = 82\%\ P_{op}$ și $Re = 66{,}8\%\ Re_{max}$, P_{op} și Re_{max} fiind calculate pentru treapta de putere maximă (21Δ).

4. Stabilirea regimului de topire a încărcăturii metalice

Cerința regimului UHP fiind de a se folosi puteri înalte și foarte înalte la topire, trebuie avută în vedere funcționarea corespunzătoare $S_{ab} = 60$ MVA pe treapta de putere maximă (21Δ) descrisă la capitolul 3.

Pentru diminuarea efectului de eroziune a zidăriei refractare a pereților (s-a văzut că Re are valoarea maximă) trebuie adoptate soluțiile utilizate cu bune rezultate de firme specializate în producerea electrică a oțelului în cuptoare UHP :

— răcirea cu apă a pereților ;
— folosirea la sfîrșitul topirii a unei zguri cu bazicitatea crescută $\left(\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2} = 1{,}8 - 2{,}11\right)$ și a conținutului de FeO de 12—16% ;
— micșorarea diametrului cercului pe care se amplasează centrele celor trei electrozi (de exemplu de la Ø = 1600 la Ø′ = 1400).

După [12], panourile răcite sînt economice în cazul utilizării cuptoarelor într-un ritm de funcționare deosebit de intens, cu utilizarea timpului de 100% și a arcului de 75 — 80%, adică în situația cuptoarelor UHP și SUHP.

În diagramele din figurile 4 și 5 s-au trasat atît curbele $Re = f(I_2)$ pentru Ø = 1600 (d = = 169,5 cm), cît și $Re' = f(I_2)$ pentru Ø′ = = 1400 (d = 182,5 cm).

Valoarea indicelui de eroziune Re în noua situație este micșorată cu 14%, ceea ce pe treapta de putere maximă înseamnă 15,6 VkW/cm².

Dacă se ține seama și de scăderea cu 25—30% datorită efectului de ecranare a zgurii primare și efectului de deviere a arcului față de suprafața băii, Re se micșorează, permițînd funcționarea la 60 MVA a transformatorului.

Se dau în continuare 5 variante de topire a încărcăturii metalice care conduc la reducerea timpului în care se realizează această importantă operație.

Energiile specifice ale porțiilor de încărcătură metalică s-au determinat cu ajutorul relației generale :

$$e_k = e\left(1 + \alpha_1 \frac{G_1}{G_k} + \alpha_2 \frac{G_2}{G_k} + \ldots + \alpha_{k-1} \frac{G_{k-1}}{G_k}\right), \quad [\text{kWh/t}] \qquad (7)$$

în care :

e_k și G_k sînt energia specifică, respectiv greutatea porției k ;
e — energia specifică necesară topirii unei tone de încărcătură.

În calculele practice :

$e = 400$ kWh/t (determinată experimental) ;
$\alpha_1 = 0{,}5 \div 0{,}665$;
$\alpha_2 \div \alpha_{k-1} = 1$
$\alpha_{k-1} = \frac{G'_{k-1}}{G_{k-1}}$ (G'_{k-1} — cantitatea rămasă netopită din porția G_{k-1}) [12].

Varianta A

— Încărcătura metalică se obține din două porții.
— Greutatea totală a încărcăturii, $G_t = 120$ t.

Porția I

— Greutatea porției, $G_1 = 80$ t;
— Greutatea specifică a încărcăturii, $\gamma_1 = 1{,}4 - 1{,}6$ t/m³;
— Energia consumată, $W_1 = e_1 \cdot G_1 = 270 \times 80 = 21{,}6$ MWh.

Secvențele programului sînt indicate în tabelul 2.

Timpul de funcționare sub încărcare energetică ridicată : 74,5%.

Porția a II-a

$G_2 = 40$ t;

$\gamma_2 = 0{,}8 - 1$ t/m³;

$W_2 = W_t - W_1 = e \cdot G_t - e_1 \cdot G_1 =$

$= 400 \cdot 120 - 21600 = 26{,}4$ MWh.

Secvențele programului sînt date în tabelul 3.

Timpul de funcționare sub încărcare energetică ridicată : 56,14%.

Timpul necesar topirii, $Z_{top} = 65'41'' = 1{,}09$ h.

Introducînd în programul unui calculator valorile de mai sus, se poate funcționa în sistem automat (schema de principiu a programării puterii este dată în figura 7).

Variantele B, C, D și E sînt trasate pe diagramele $P = f(Q)$ din figura 6 (secvențele succedîndu-se ca în cazul variantei A, iar valorile principale fiind date în tabelul alăturat diagramelor).

În tabelul 4 sînt precizate valorile puterilor active medii și timpii în care se realizează topirea încărcăturii metalice, comparate cu valorile obținute în cadrul bilanțului energetic real mediu.

5. Economia de energie electrică

Din tabelul 4 se constată că timpul în care se realizează cea mai importantă (din punct de vedere energetic) dintre operațiile elaborării oțelului — topirea încărcăturii metalice — se micșorează cu 27,6 — 38,1% față de funcționarea conform bilanțului real mediu. În valori absolute reducerea reprezintă 0,49 — 0,68 h.

Calculînd reducerea pierderilor de căldură (cu apă de răcire, prin pereți și prin orificii, datorită reducerii timpului de pierderi) și pierderilor de energie electrică în rețeaua de alimentare (în funcționările cu curenți majorați față de funcționarea conform bilanțului real mediu), se obțin rezultatele precizate în tabelul 5.

Se constată că în toate cele 5 variante producția de oțel crește (datorită reducerii timpului în care se realizează topirea), însă pierderile de energie se reduc numai în cazul funcționării conform variantelor A și B.

Cauza o constituie pierderile electrice care, în cazul variantelor C, D și E, depășesc redu-

Tabelul 2

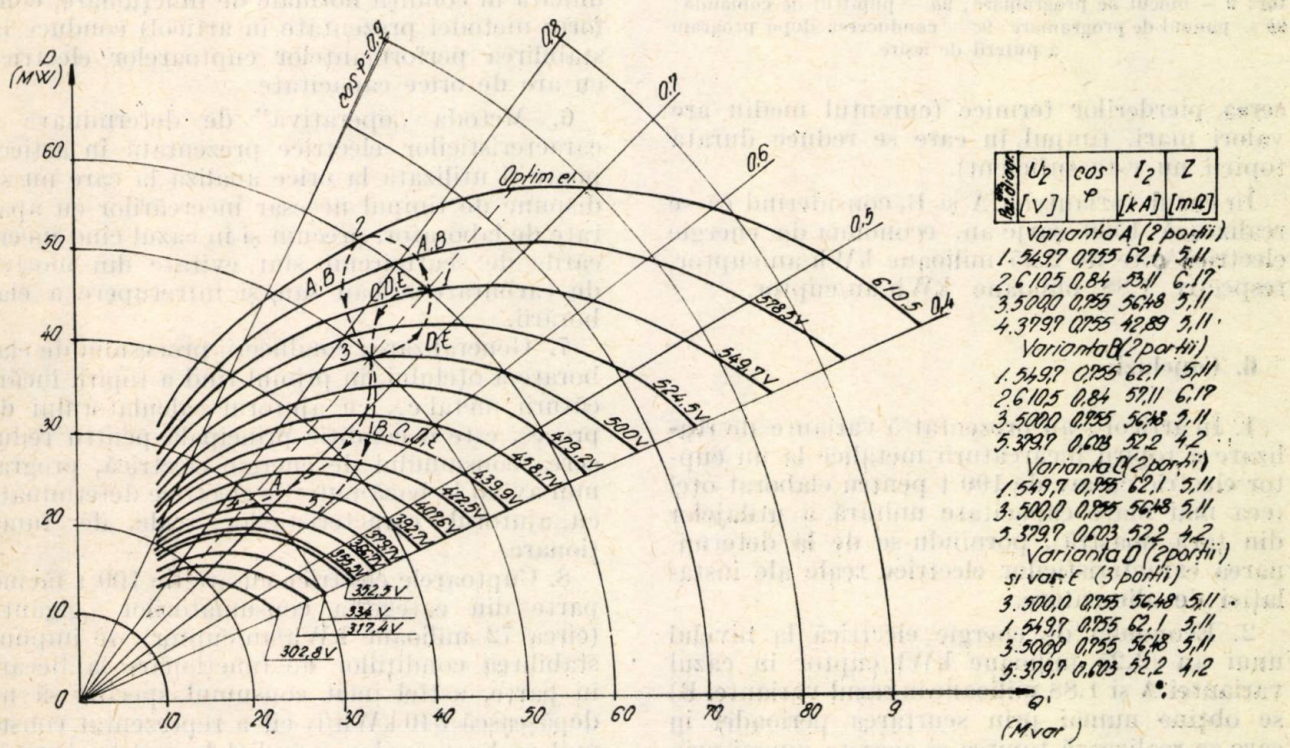
Nr. crt.	Treapta	Tensiunea U_2 [V]	Curentul, I_2 [kA]	cos φ	Timpul necesar pentru topire [min, s]	%	Energia consumată [MWh]	Impedanța circuitului de alimentare [Ω/f]
1	19Δ	549,7	62,1	0,755	3′	10,61	2,23	0,00511
2	21Δ	610,5	57,11	0,84	18′	63,64	15,22	0,00617
3	17Δ	500,0	56,48	0,755	6′	21,21	3,69	0,00511
4	10Δ	379,7	42,89	0,755	1′17″	4,54	0,46	0,00511
			Total		28′17″	100,0	21,6	

Tabelul 3

Nr. crt.	Treapta	Tensiunea, U_2 [V]	Curentul I_2 [kA]	cos φ	Timpul necesar pentru topire [min, s]	%	Energia consumată [MWh]	Impedanța circuitului de alimentare [Ω/f]
1	19Δ	549,7	62,1	0,755	3′	8,02	2,23	0,00511
2	21Δ	610,5	57,11	0,84	18′	48,12	15,22	0,00617
3	17Δ	500,0	56,48	0,755	12′	32,08	7,39	0,00511
4	10Δ	379,7	42,89	0,755	4′24″	11,78	1,56	0,00511
			Total		37′25″	100,0	26,4	

Tabelul 4

Varianta (treptele pe care se funcţionează)	Numărul porţiilor de încărcătură metalică	Puterea medieabsorbită în timpul topirii [MW]	Timpul în care se realizează topirea [h]	Raportul între timpul în care se realizează topirea în variantele A — E şi timpul în care se efectuează aceeaşi operaţie în cazul funcţionării conform bilanţului real mediu
A (19Δ, 17Δ şi 10 Δ cf. P_{op} în arc, 21Δ la S_{ab} = 60 MVA)	2	43,84	1,09	0,62
B (19Δ şi 17Δ conform P_{op} în arc, 21Δ la S_{ab} = 60 MVA, 10Δ la cosφ = 0,6)	2	43,22	1,11	0,63
C (19Δ şi 17Δ conform P_{op} în arc, 10Δ la cosφ = = 0,6)	2	39,12	1,23	0,69
D (19Δ şi 17Δ conform P_{op} în arc, 10Δ la cosφ = = 0,6)	2	37,57	1,28	0,72
E (19 Δ şi 17 Δ conform P_{op} în arc, 10Δ la cosφ = 0,6)	3	40,03	1,2	0,68
Conform bilanţului real mediu	3 sau 4	27,5	1,77 (durata elaborării şarjei: 4,7 h)	1,0



Varianta	U_2 [V]	cos φ	I_2 [kA]	Z [mΩ]
Varianta A (2 porţii)				
1. 549,7	0,755	62,1	5,11	
2. 610,5	0,84	53,11	6,17	
3. 500,0	0,755	56,48	5,11	
4. 379,7	0,755	42,89	5,11	
Varianta B (2 porţii)				
1. 549,7	0,755	62,1	5,11	
2. 610,5	0,84	57,11	6,17	
3. 500,0	0,755	56,48	5,11	
5. 379,7	0,603	52,2	4,2	
Varianta C (2 porţii)				
1. 549,7	0,755	62,1	5,11	
3. 500,0	0,755	56,48	5,11	
5. 379,7	0,603	52,2	4,2	
Varianta D (2 porţii)				
şi var. E (3 porţii)				
3. 500,0	0,755	56,48	5,11	
1. 549,7	0,755	62,1	5,11	
3. 500,0	0,755	56,48	5,11	
5. 379,7	0,603	52,2	4,2	

Fig. 6. Variante cu funcţionarea economică a cuptorului în timpul topirii încărcăturii metalice.

Tabelul 5

Varianta	Valoarea cu care se micşorează durata topirii încărcăturii metalice [h/şarjă]	Reducerea pierderilor de căldură şi de energie electrică [kWh/şarjă]	Creşterea producţiei de oţel, considerînd că operaţiile după topire se efectuează conform bilanţului real mediu [t/şarjă]
A	0,68	1501,4	18,82
B	0,66	1249,25	18,26
C	0,54	— 235,72	14,56
D	0,49	— 503,11	12,99
E	0,57	— 21,66	15,34

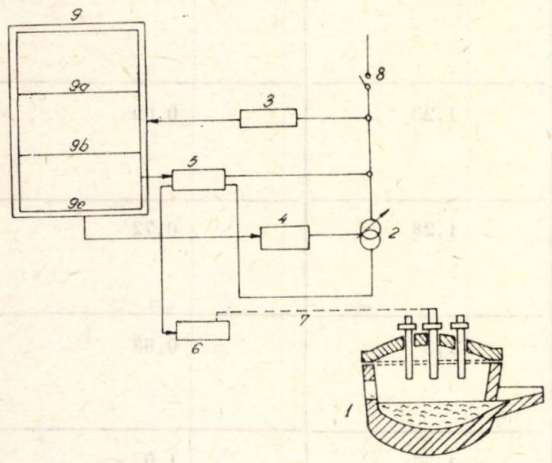


Fig. 7. Schema pentru conducerea după program a topirii încărcăturii metalice: 1 — cuptorul electric; 2 — transformatorul de alimentare; 2 — aparatul de măsură cu impulsuri; 4 — comutatorul cu trepte; 5 — regulatorul electrohidraulic; 7 — reglarea impedanţei arcului; 8 — întrerupător; 9 — blocul de programare; 9*a* — pupitrul de comandă; 9*b* — panoul de programare; 9*c* — conducerea după program a puterii de ieşire.

cerea pierderilor termice (curentul mediu are valori mari, timpul în care se reduce durata topirii nu este suficient).

În cazul variantelor A şi B, considerînd că se realizează 1500 şarje/an, economia de energie electrică este de 2,25 milioane kWh/an/cuptor, respectiv 1,88 milioane kWh/an/cuptor.

6. Concluzii

1. În articol s-au prezentat 5 variante de realizare a topirii încărcăturii metalice la un cuptor electric cu arc de 100 t pentru elaborat oţel (cea mai mare capacitate unitară a utilajelor din ţara noastră), pornindu-se de la determinarea caracteristicilor electrice reale ale instalaţiei de alimentare.

2. Economia de energie electrică la nivelul unui an (2,25 milioane kWh/cuptor în cazul variantei A şi 1,88 milioane în cazul variantei B) se obţine numai prin scurtarea perioadei în care se realizează topirea şi aceasta numai prin alegerea regimului electric de lucru.

În caz că se adoptă şi alte soluţii cum sînt: preîncălzirea încărcăturii metalice cu ajutorul căldurii gazelor de ardere din instalaţia proprie, utilizarea inelelor de etanşare în jurul electrozilor, recuperarea căldurii din apa de răcire, utilizarea arzătoarelor oxigaz „în zonele reci" ale cuvei, compensarea puterii reactive, montarea de filtre pentru armonicile superioare, metalurgia în afara cuptorului şi altele, economia creşte notabil.

3. În toate variantele analizate se obţine o creştere a productivităţii cuptorului.

4. Reactanţa reţelei scurte realizată cu cabluri de construcţie românească (centroflex) este satisfăcătoare. Valoarea sa este $\approx 2{,}9$ mΩ, faţă de 2,5 mΩ cît recomandă firme cu experienţă în domeniu [8] şi faţă de 2 mΩ cît reprezintă performanţa pe plan mondial [12].

5. Trasarea caracteristicilor de funcţionare utilizînd valoarea reactanţei dinamice (determinată în condiţii normale de funcţionare, conform metodei prezentate în articol) conduce la stabilirea performanţelor cuptoarelor electrice cu arc de orice capacitate.

6. Metoda „operativă" de determinare a caracteristicilor electrice prezentată în articol poate fi utilizată la orice analiză la care nu se dispune de timpul necesar încercărilor cu aparate de laborator, precum şi în cazul cînd încercările de scurtcircuit sînt evitate din motive de carburare a băii sau/şi întrerupere a elaborării.

7. Generalizarea conducerii procesului de elaborare a oţelului, în primul rînd a topirii încărcăturii metalice, cu ajutorul calculatorului de proces, este o condiţie principală pentru reducerea consumului de energie electrică, programul avînd la bază puterile electrice determinate cu ajutorul caracteristicilor reale, de funcţionare.

8. Cuptoarele electrice cu arc de 100 t făcînd parte din categoria consumatorilor „gigant" (circa 72 milioane kWh/an/cuptor), se impune stabilirea condiţiilor de funcţionare la fiecare în parte, astfel încît consumul specific să nu depăşească 540 kWh/t, cît a reprezentat consumul realizat pe plan mondial la oţel carbon în deceniul trecut.

Performanţa în momentul de faţă pe plan mondial o deţine un cuptor de 100 t al cărui transformator este de 75 MVA, iar timpul în care se elaborează şarja este de 90 minute [8].

Consumul specific cel mai scăzut obţinut este în jur de 450 kWh/t [11].

Bibliografie

[1] *** *Manualul inginerului electrician*, vol. VIII. Editura tehnică, Bucureşti, 1959.

[2] Miclescu, Th. ş.a. *Utilizarea energiei electrice*. Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1980.

[3] Saimac, A. ş.a. *Utilizarea energiei electrice în metalurgie*. Editura didactică şi pedagogică. Bucureşti, 1980.

[4] Berinde, T. ş.a. *Întocmirea şi analiza bilanţurilor energetice în industrie*. Editura tehnică. Bucureşti, 1976.

[5] Comşa, D. şi Pantelimon, L. *Electrotermie*. Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1980.

[6] Svensson, E. *Măsurarea impedanţei cuptoarelor cu arc*. ASEA Revue 1972. Ance 44. Nr. 2.

[7] Kirov, V. *Influenţa regimului UHP asupra funcţionării cuptoarelor electrice cu arc*. Sofia, 1979.

[8] Baum, R. *Cuptoare electrice pentru elaborarea oţelurior în prezent şi în viitor*. Steel Time International, S.U.A., nr. 9, 1980.

[9] Antoine, J. *Récents progrès efectuès dans le domaine de l'élaboration d'acier au four électriques*. Institute de recherches de la sidérurgie française (IRSID). 1976 — CIT, n° = 7 — 8.

[10] Bowman, B. *Factori de bază pentru alegerea regimului de funcţionare a cuptoarelor cu arc*. Referat la simpozionul A.I.M. — cuptoare cu arc. Liège, noiembrie 1973.

[11] Rhode, J. H. *Rolul cuptoarelor electrice în deceniul 9*. Steel Times International. Anglia, septembrie 1980.

[12] *** *Raportul la simpozionul organizat de firma UCAR*. Bucureşti, iunie 1980.

[13] Cotenescu, Ş. *Raţionalizarea consumului de energie la cuptorul cu arc de 100 t şi la cuptorul cu propulsie de 60 t/h de la Întreprinderea Oţelul Roşu pe baza bilanţurilor energetice*. ICEMENERG. Bucureşti, decembrie 1981.

[14] Cioroianu, I. *Optimizarea consumurilor energetice la elaborarea oţelurilor în cuptoare electrice de 100 t capacitate, destinate să lucreze în regim UHP*. Combinatul Siderurgic Hunedoara, 1981.

[15] Cotenescu, Ş. ş.a. *Raţionalizarea consumului de energie la cuptorul electric cu arc nr. 1 de 100 t de la Combinatul Siderurgic Hunedoara, pe baza bilanţului energetic*. ICEMENERG. Bucureşti, mai 1983.

(Primit la 11 iunie 1984, acceptat la 17 septembrie 1984)

Dezvoltarea producţiei de energie pe bază de combustibili solizi. Reducerea consumului specific de combustibil.

Preîncălzitoare de aer cu ţevi de sticlă

Ing. Gabriel Romaşcu, ing. Anton Roşu *

Descriptori: centrală termoelectrică, cazan de abur, gaze de ardere, combustibil sulfuros, coroziune acidă, preîncălzitor de aer, ţevi de sticlă

Introducere

O cale sigură de reducere a consumului specific de combustibil al cazanelor de abur este micşorarea pierderilor de căldură cu gazele de ardere evacuate la coş.

Coborîrea nivelului temperaturii gazelor de ardere la evacuare este limitată de pericolul coroziunii acide şi murdăririi suprafeţelor finale de schimb de căldură, care apare în special la arderea combustibililor cu conţinut ridicat de sulf. Intensitatea procesului de coroziune la joasă temperatură se poate diminua în cazul folosirii unor materiale rezistente la coroziune (ceramica, sticla, emailul etc.).

Articolul prezintă o sinteză documentară a aspectelor legate de folosirea preîncălzitoarelor de aer cu ţevi de sticlă în U.R.S.S., Franţa, Marea Britanie, R.F.G. şi S.U.A.

* Ing. Gabriel Romaşcu este inginer proiectant principal la ISPE, iar ing. Anton Roşu este cercetător ştiinţific principal la ICEMENERG.

1. Generalităţi

Echiparea cazanelor cu preîncălzitoare de aer cu ţevi de sticlă (notate în continuare PATS) a permis ca partea principală a preîncălzitorului de aer să fie amplasată într-o zonă de temperaturi în care să nu apară pericolul de coroziune, atît la sarcina nominală, cît şi la sarcini parţiale ale cazanului [1].

Din literatura de specialitate se poate constata un interes deosebit pentru folosirea acestor tipuri de PATS. În tabelul 1 se prezintă cîteva exemple de realizări de astfel de preîncălzitoare, precum şi caracteristicile acestora.

În tabelul 2 sînt prezentate caracteristicile tehnice, mai importante, ale cîtorva mărci de ţevi de sticlă folosite la construcţia preîncălzitoarelor de aer.

Compoziţia sticlei din care au fost executate ţevile cîtorva preîncălzitoare de aer este prezentată în tabelul 3.

Tabelul 1

Exemple de utlizare a preîncălzitoarelor de aer cu ţevi de sticlă

Nr. crt.	Ţara	Centrala	Debit cazan		Caracteristicile ţevilor de sticlă			Amplasare ţevi	Pas (mm/mm)	Etanşare	Temperatură, K			
											Aer		Gaze	
			kg/s	t/h	Materiale (tip)	Diametrul exterior × grosime (mm × mm)	Lungime (mm)				Intrare	Ieşire	Intrare	Ieşire
1	Franţa [1]	Dunkerque	103	370	Pyrex	32×2	1975	coridor	59/47,5	azbest	309	398	466	385
2	URSS [1]	Mosenergo 1	32	115	13V	44×4	2500	coridor	1,7* 1,59	cauciuc	313—323	—		403—433
3	URSS [1]	Karamanovskaia GRES bloc 2	132	475	13V	45×4	2500	coridor	100/67	cauciuc IRP—1225	308	349	435	401
4	Franţa [3]	Blocuri de 250 MW şi 600 MW			Pyrex		3040			teflon				385
5	URSS [4]	Dobrotvorkaia GRES	61	220	13V	45×4	1600		94/67	cauciuc IRP—1225	308	369	453	433
6	URSS [1]	Urusinskaia GRESS				44×4	3000	şah	1,7/1,29	cauciuc				
7	RGF [2]	Technische Werke Stuttgart	—	—	Duran 50	37×2,25	1700	—	—	—	303	398	513	403 393
8	URSS [10]					45×4	3000				303	—	483	403
9	RFG [14]		241	735							293	343	503	382
10	URSS [17]	Novokuibişevski	—			50×5	3000	şah	2,045* 1,23	cauciuc	298—318	383—393	409	393 408

* S-a indicat raportul între pasul de aşezare a ţevilor (transversal şi longitudinal) şi diametrul ţevii (s_1/d, s_2/d)

Tabelul 2

Caracteristicile sticlei folosite la construcţia unor preîncălzitoare de aer cu ţevi

Nr. crt.	Caracteristica	U.M.	Tipul materialului			
			12 V[1]	Pirex [1]	Schott [2] Mainz	Borosilicat [14]
1	Densitate	g/cm³	2,55	2,23	2,23	2,23
2	Temperatură maximă de lucru	K	673	623	723	723
3	Modul de elasticitate	MPa	765	660	640	
4	Coeficient de dilatare liniară	1/K	$50 \cdot 10^{-7}$	$32 \cdot 10^{-7}$	$32 \cdot 10^{-6}$	
5	Coeficient de conductibilitate termică	W/mK	0,9	1,13–1,42		1,12–1,25
6	Căldură specifică	J/kg la 423 K				750

Tabelul 3

Compoziţia materialului pentru ţevile de sticlă

Component	Tipul materialului		
	Pirex 1	Sticlă de la fabrica Klinskogo [11]	Borosilicat [14]
SiO_2 %	80	73	80
B_2O_3 %	13		13,1
Al_2O_3 %	2,25	3	2,2
Na_2O %	3,5	14,2	4,6
K_2O %	1,15	0,3	
Fe_2O_3 %	0,05	—	
CaO %	—	7	
MgO %	—	2,5	
Alte materiale			0,1

Notă. Pentru mărirea rezistenţei ţevilor de sticlă se iau în consideraţie sorturile de sticlă cu o dilatare cît mai redusă. De exemplu, sticla de borosilicat are o dilatare de 3 ori mai mică decît sticla obişnuită.

2. Calculul preîncălzitoarelor de aer cu ţevi de sticlă

Preîncălzitorul cu ţevi de sticlă constă dintr-un fascicul de ţevi care se prind la capete în cîte două plăci tubulare. La trecerea prin plăci, ţevile sînt fixate cu ajutorul unor materiale de etanşare care trebuie să fie rezistente la coroziune şi la temperatură. Ţevile se pot amplasa în poziţie orizontală, în care caz gazele circulă printre ţevi, iar aerul în interiorul ţevilor, sau în poziţie verticală, gazele circulînd prin ţevi, iar aerul printre ţevi. La cazanele care funcţionează cu combustibil cu conţinut mare de cenuşă se preferă amplasarea ţevilor de sticlă în poziţie orizontală.

În [6] se arată că, pentru cazul cercetat, amplasarea ţevilor în poziţie orizontală, în sistem „coridor", nu scurtează durata de funcţionare neîntreruptă a cazanului, fiind necesară curăţarea ţevilor de cenuşă la circa 2000 ore. La amplasarea ţevilor în poziţie orizontală, în sistem „şah", sau la amplasarea ţevilor în poziţie verticală este necesară curăţarea cenuşii de pe ţevi la circa 500 — 700 ore de funcţionare.

2.1. Calculul termic

Calculul termic al PATS de joasă temperatură se desfăşoară pe baza ecuaţiilor schimbului de căldură şi ale bilanţului termic al preîncălzitorului de aer [6]. Suprafaţa de încălzire se calculează cu diametrul mediu al ţevilor, iar coeficientul de schimb de căldură se calculează cu formula cunoscută, recomandîndu-se [7] pentru coeficientul de utilizare a suprafeţei de schimb de căldură ξ următoarele valori stabilite pe bază experimentală :

— 0,65 pentru ţevi verticale şi orizontale în sistem „coridor" ;

— 0,75 pentru ţevi orizontale în sistem „şah".

Pentru fasciculul doi, se pot lua pentru ξ valori corespunzătoare, mai mari de 0,05.

2.2. Determinarea vitezei optime a gazelor şi aerului în PATS

În [7] se prezintă o metodă de determinare a vitezelor optime ale gazelor şi aerului în preîncălzitoarele de aer cu ţevi de sticlă, pornind de la faptul cunoscut că la stabilirea acestor valori trebuie să se ţină seama de cheltuielile de investiţie pentru preîncălzitorul de aer şi ventilator, precum şi de consumul de energie. Aplicarea acestei metode are în vedere că cheltuielile totale de calcul depind de două variabile, viteza gazelor w_g şi viteza aerului w_a. Deoarece aceste fluide pot circula fie în ţevi, fie printre ţevi, pentru a determina vitezele optime pentru diverse tipuri de preîncălzitoare s-a notat :

— w — viteza pentru fluidul care circulă perpendicular pe suprafaţa ţevilor ;

— w_L — viteza pentru fluidul care circulă în lungul suprafeţei de schimb de căldură.

În acest fel vitezele optime se obţin prin determinarea minimului funcţiei cheltuielilor de calcul în raport cu cele două variabile w şi w_L.

Aplicarea metodei de calcul la PATS al cazanului RK–41 de 980 t/h a condus la obţinerea următoarelor valori :

— pentru aşezarea în şah a ţevilor $w_g^{opt} = 8{,}75$ m/s şi $w_a^{opt} = 11{,}75$ m/s ;

— pentru aşezarea în coridor a ţevilor $w_g^{opt} = 10{,}2$ m/s şi $w_a^{opt} = 11{,}25$ m/s.

Se precizează [7] că este necesar să se facă și un calcul de verificare pentru a se evita rezonanța. Se recomandă ca pentru viteze ale fluidului de pînă la 25 m/s lungimea țevii să nu depășească de 100 ori diametrul țevii.

În [6] se recomandă ca în cazul țevilor amplasate orizontal, viteza gazelor să se aleagă între 9 — 10 m/s la așezarea țevilor în „coridor" și 6 — 8 m/s la așezarea țevilor în „șah". Ca orientare generală se recomandă ca raportul optim între vitezele gazelor și aerului (w_g/w_a) să aibă valori cuprinse între 0,4 — 0,45 la așezarea în „coridor" și 0,3 — 0,35 la așezarea în șah.

2.3. Calculul de rezistență

Sticla este un material caracterizat printr-o rezistență mecanică relativ mică, în special cînd este supus la întindere.

În timpul exploatării, în țevile preîncălzitorului apare o stare de eforturi determinată atît de sarcini dinamice, cît și statice și de aceea calculul de rezistență se întocmește pe baza diagramei eforturilor nepericuloase [6].

În cazul amplasării orizontale a țevilor, efortul de întindere apare în secțiunea de mijloc a țevii, pe suprafața interioară.

La calculul efortului datorat solicitărilor permanente σ_p, este necesar să se ia în considerare următoarele componente :

$$\sigma_p = \sigma_{\Delta t} + \sigma_g + \sigma_w - \sigma_c, \qquad (7)$$

unde :

$\sigma_{\Delta t}$ este efortul datorat dilatării termice ;
σ_g — efortul datorat greutății proprii a țevii și a cenușii depusă pe aceasta ;
σ_w — efortul datorat presiunii dinamice a curentului de fluid ;
σ_c — efortul datorat reacțiunii (comprimării), rezultat de la tragerea la cald a țevii.

Pentru determinarea valorii $\sigma_{\Delta t}$ se folosește relația (8) recomandată în lucrarea [6] pentru cazul în care țeava este încălzită prin exterior :

$$\sigma_{\Delta t} = \frac{\alpha \cdot E \cdot \Delta t}{1 - \mu} \left(\frac{\beta^2}{\beta^2 - 1} - \frac{1}{2 \ln \beta} \right), \qquad (8)$$

unde :

α este coeficientul de dilatare liniară a sticlei ($5 \cdot 10^{-6}$ 1/K),
E — modulul lui Young ($0{,}75 \times 10^7$ MPa) ;
Δt — căderea de temperatură în peretele țevii ;
β — raportul diametru exterior/interior ;
μ — coeficientul lui Poisson (0,25).

Pentru determinarea valorii σ_g se consideră țeava cu o grindă articulată la capete, uniform încărcată.

Efortul rezultat din acțiunea dinamică a fluidului se ia în considerare numai pentru lungimi ale țevilor mai mari de 2,5 m, la așezare în „șah", la viteze ale fluidului mai mari de 8 m/s. De regulă, se adoptă valoarea de 0,5 MPa [6].

Efortul de contracție din țevi, ca urmare a procesului de fabricare a acestora, se poate considera 0,7 — 1 MPa pentru țevi cu lungimea între 1,5 și 3 m.

Sarcina nepermanentă este determinată de variația periodică a mărimii forței de ridicare a țevilor, forță care apare la curgerea curentului transversal pe țeavă, și se datorește desprinderii asimetrice a stratului limită de peretele țevii. După cercetările VTI rezultă că componenta dinamică a efortului, σ_d, este proporțională cu viteza fluidului.

În cazul țevilor amplasate vertical se va considera $\sigma_g = 0$. În acest caz (țevi încălzite din interior), solicitarea de întindere maximă apare la exteriorul țevii.

La stabilirea lungimii țevilor, L, trebuie să se evite apariția rezonanțelor acustice în spațiul de aer /gaze al preîncălzitorului. Rezonanța acustică poate să apară în cazul circulației fluidului transversal pe țevi, atunci cînd frecvența ruperii stratului limită de pe țevi coincide cu frecvența vibrațiilor acustice ale spațiului de aer/gaze [6]. Apariția rezonanței poate produce avarii asupra țevilor și carcasei metalice.

3. Experiența de exploatare cu PATS

Un exemplu de amplasare a PATS în combinație cu un preîncălzitor de aer Rothemühle [3] se prezintă în figura 1.

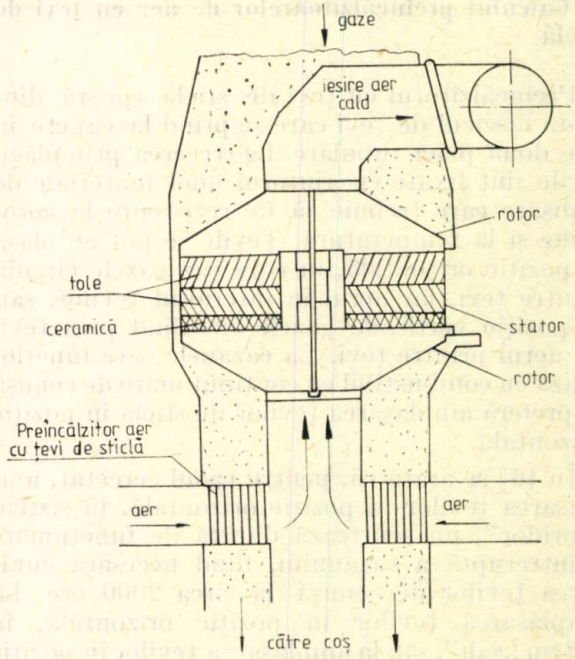


Fig. 1. Preîncălzitorul de aer Rothemühle combinat cu PATS 3.

În lucrarea [4] se prezintă rezultatele obținute în exploatarea unui cazan TP 10 (220 t/h; 11,5 MPa, 793 K) din centrala electrică Dobrotvorskaia echipat cu PATS. Prin înrăutățirea calității cărbunelui (creșterea conținutului de cenușă la un cărbune cu conținut mare de sulf), s-a constatat că: acest cazan nu poate asigura decît 80 — 85% din debitul nominal, s-a intensificat coroziunea la joasă temperatură, iar gazele de ardere ieșeau la coș cu circa 20 — 25 K peste temperatura nominală.

S-a înlocuit treapta I a preîncălzitorului de aer (PA) cu țevi de metal, cu țevi de sticlă din material 13 V cu dimensiunea de 45×4 mm (total 10640 țevi), așa cum rezultă din figura 2.

După o funcționare timp de un an s-au tras următoarele concluzii:

— cazanul a reatins debitul nominal;

— temperatura gazelor evacuate a scăzut cu 20 K;

— s-au limitat pătrunderile de aer fals la 3 — — 5% în zona PA;

— temperatura pereților țevilor de sticlă a fost 393 — 403 K (temperatura de rouă acidă fiind de 417 K);

— se poate renunța la recircularea aerului cald;

— anual trebuie schimbate circa 0,01 — 0,03% din țevile de sticlă.

În [5] sînt prezentate rezultatele obținute în exploatare la mai multe cazane cu preîncălzitoare de aer cu țevi de sticlă. Caracteristicile acestor PATS au fost prezentate în tabelul 1. Durata de urmărire a comportării a fost de circa 8 — 10 luni. La aceste cazane se arde păcură cu conținutul de sulf de 3,5%. Experiența a arătat că:

— circa 85% din suprafața preîncălzitorului lucra la temperatură mai mică decît temperatura punctului de rouă acidă (376 — 385 K față de 418 — 423 K);

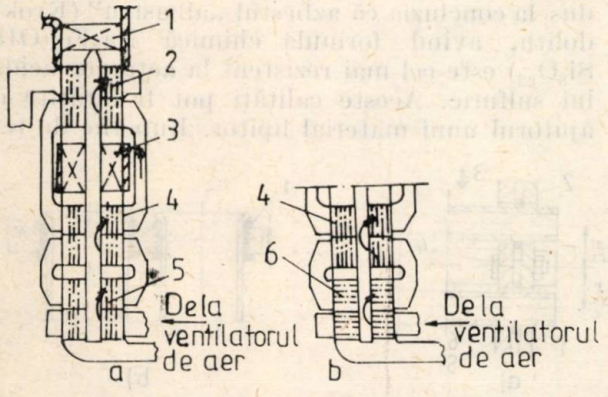


Fig. 2. Reconstrucția preîncălzitorului de aer al cazanului TP 10 de la CTE Dobrotvorski: ale — pînă la reconstrucție; b — după instalarea PATS; 1 — economizor treapta II; 2 — preîncălzitor aer treapta II; 3 — economizor treapta I; 4 —5 — părțile superioară și inferioară a preîncălzitorului de aer treapta I; 6 — preîncălzitor de aer cu țevi de sticlă.

— coeficientul de utilizare a suprafeței de schimb de căldură a PATS a fost cuprins între 0,789 și 0,632;

— coeficientul de schimb de căldură a fost cuprins între 17 și 21,3 W/m² K;

— a fost necesară spălarea cu apă a țevilor din partea rece a PATS la circa 14 zile, pentru a înlătura depunerile de cenușă;

— a fost necesară mărirea grosimii plăcilor tubulare pentru a se evita deformarea lor la fabricație, montaj și exploatare, deformări care duceau la înrăutățirea etanșării și la spargerea țevilor;

— sistemul de etanșare format din inele de etanșare prins între două plăci tubulare, una de bază și alta de strîngere, a dat rezultate mai bune decît sistemul format din placă de bază și manșon de cauciuc; se recomandă ca grosimea plăcii de bază să fie 15 mm, iar a plăcii de strîngere 12 mm;

— placa de strîngere este bine să cuprindă maximum 16 — 20 țevi.

În lucrarea [8] se prezintă rezultatele măsurătorilor pentru determinarea coeficientului de schimb de căldură al PATS în condițiile murdăririi țevilor cu cenușă. Această experimentare s-a făcut la centrala Karmanovskaia. În figura 3 se prezintă variația temperaturii peretelui în lungul țevii. În tabelul 1 s-au prezentat cîteva din datele caracteristice ale PATS care s-au comparat cu cele teoretice.

Pe baza calculelor teoretice s-au stabilit:

— coeficientul de schimb de căldură pe partea de gaze $\alpha_1 = 67{,}3$ W/m² K și cel de pe partea de aer $\alpha_2 = 41{,}4$ W/m² K;

— coeficientul global de schimb de căldură k, (fără murdărie): 22,9 W/m² K (față de cel calculat în condiții identice pentru oțel de 25,3 W/m² K).

Diferența relativ mică între coeficienții k pentru țevile de sticlă și cele de metal se explică prin aceea că la asemenea tipuri de schimbătoare de căldură determinante sînt rezistențele termice pentru schimbul de căldură de la perete la fluid și nu rezistența termică a peretelui țevii.

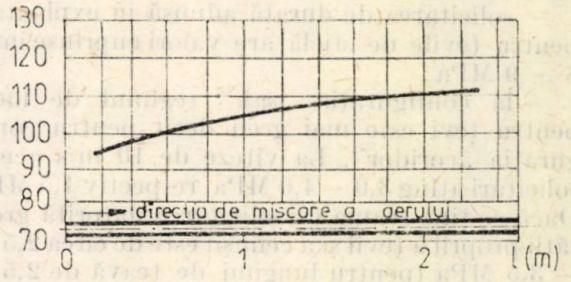


Fig. 3. Variația temperaturii peretelui țevii în lungul țevii (pentru ultimul rînd de țevi în sensul de mișcare a gazelor) [8].

Pe baza măsurătorilor efectuate la diverse sarcini ale cazanului și în diferite luni ale anului, au rezultat pentru coeficientul de schimb de căldură valori cuprinse între 14,9 — 19,3 W/m²K.

Calculele teoretice pentru aceleași condiții de funcționare, cu luarea în considerare a murdăririi, au stabilit pentru coeficientul k valori cuprinse între 16,1 și 20,3 W/m² K.

De asemenea, s-au putut trage următoarele concluzii :

— diferența între coeficientul de schimb de căldură al PATS și al celui cu țevi de metal, cu luarea în considerare a murdăririi cu cenușă, este de circa 1,16 W/m² K (7%) ;

— diferența între coeficientul de transmisie a căldurii corespunzătoare sticlelor 13 V și Pyrex nu influențează, practic, valoarea coeficientului global de schimb de căldură ;

— depunerile de cenușă înrăutățesc cu circa 30% valoarea coeficientului global de schimb de căldură ;

— depunerile de cenușă pe țevi la temperaturi mai mari de 398 K nu prezintă importanță ; în consecință, pentru cazul în care temperatura punctului de rouă acidă este mai mare se poate adopta aranjarea țevilor în „șah", iar pentru cazul cînd temperatura este mai mică se poate adopta aranjarea în „coridor".

În [9] se prezintă rezultatele unor experimentări privind starea de eforturi din țevile de sticlă ale preîncălzitorului de aer sub efectul forțelor aerodinamice ale curentului de fluid. Experimentarea s-a făcut pe stand și eforturile s-au măsurat în mărci tensometrice.

S-au constatat următoarele :

— vibrația țevilor are loc cu frecvență proprie (fundamentală) și nu depinde de viteză ;

— componenta permanentă a solicitării care se formează în mijlocul țevii, are o dependență parabolică de viteză, dar nu are valoare mare ; la așezarea țevilor în „coridor", la viteze de pînă la 15 m/s, această solicitare se poate neglija, iar la așezarea în „șah" la viteze de 10 — 15 m/s se pot adopta, în funcție de configurație, valori cuprinse între 0,3 — 1,0 MPa ;

— există o anumită valoare a pașilor configurației așezării țevilor s_1/d_1 și s_2/d_2 pentru care se obțin valori minime ale solicitărilor datorită vitezei fluidului ;

— solicitarea de durată admisă în exploatare pentru țevile de sticlă are valori cuprinse între 8 — 9 MPa ;

— la configurația „șah" regimul de lucru pentru țevi este mai greu decît pentru configurația „coridor". La viteze de 10 m/s aceste solicitări ating 3,0 — 4,0 MPa, respectiv 1,5 MPa. Dacă se ține seama că solicitarea datorită greutății proprii a țevii și a cenușii este de circa 2,5 — — 3,5 MPa (pentru lungimi de țeavă de 2,5 — — 3 m) se poate observa că la configurația „coridor" rezerva pînă la solicitarea maxim admisă este mai mare decît la configurația „șah".

În [18] se prezintă rezultatele obținute la cazanul PK — 41 — 1 (950 t/h) de la termocentrala Karmanovskaia. Cazanul funcționa pe păcură cu sulf, temperatura gazelor la ieșire fiind de 448 — 453 K. După montarea PATS, în timpul exploatării s-au constatat următoarele :

— răcirea gazelor pînă la circa 418 K ;

— încălzirea aerului pînă la circa 355 K ;

— pătrunderile de aer în gaze au atins valori între 3 — 14%, valorile mai mici corespunzînd perioadelor imediat după înlocuirea țevilor sparte ; acest fenomen nu a determinat reducerea debitului sau oprirea cazanului ; înlocuirile de țevi s-au făcut la reparațiile planificate ;

— numărul total de țevi rupte într-un an a reprezentat 2,5% din numărul total de țevi ;

— pierderea de presiune determinată de murdărirea preîncălzitorului a crescut cu circa 520Pa ; aceasta nu a limitat sarcina și nici manevrabilitatea cazanului ;

— temperatura peretelui țevii, pentru țevile de la partea de intrare a gazelor la sarcina nominală a fost cuprinsă între 398 — 413 K.

În [2] este prezentat un preîncălzitor de aer cu țevi de sticlă utilizat într-o instalație pentru producerea gazului de iluminat. Experiența de exploatare a arătat că variațiile sarcinii între 30 — 100%, precum și scoaterile din funcțiune ale PATS nu produc coroziuni la țevi.

Datorită suprafeței netede a țevilor nu se constată depuneri importante, iar spălarea și înlocuirea rapidă a țevilor nu ridică probleme deosebite.

Pentru preîncălzitorul de aer cu țevi de sticlă instalat la un cazan din termocentrala Ivanovskaia, care s-a comportat bine în exploatare (analizat în special din punctul de vedere al uzurii) se prezintă în lucrarea [11] compoziția chimică a sticlei, așa cum reiese din tabelul 3.

Problema comportării inelelor de etanșare ale țevilor de sticlă la trecerea prin plăcile tubulare la funcționarea în condiții grele din punctul de vedere al coroziunii acide este prezentată în lucrările [12 — 16]. Ca materiale sînt menționate fibrele de sticlă, teflonul, azbestul. Experimentările efectuate cu diferite tipuri de azbest au condus la concluzia că azbestul „albastru" (Krokydolith, avînd formula chimică $Na_2Fe_5(OH)_2Si_8O_{22}$) este cel mai rezistent la acțiunea acidului sulfuric. Aceste calități pot fi întărite cu ajutorul unui material lipitor. Ruperile de țevi

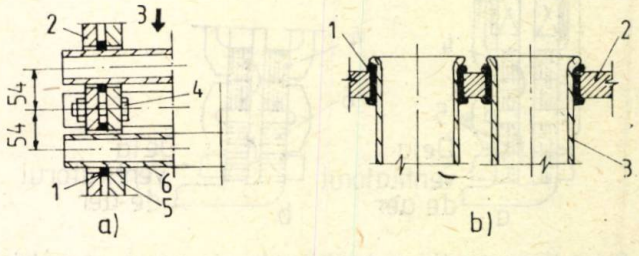


Fig. 4. Prinderea țevilor de sticlă în plăcile tubulare :
a) 1 — element de etanșare de cauciuc ; 2 — placă de stringere ; 3 — gaze de ardere ; 4 — îmbinare cu șuruburi ; 5 — placă tubulară de bază ; 6 — țeavă de sticlă [17] ;
b) 1 — garnitură din fibre de sticlă întărită cu inserție de metal ; 2 — placă tubulară ; 3 — țeavă de sticlă [13].

de sticlă datorită coroziunii inelelor de etanşare se pot evita complet dacă se foloseşte ca material teflonul. Prinderea ţevilor de sticlă în plăcile tubulare este prezentată în figura 4. Modalitatea prinderii ţevilor de sticlă între treptele preîncălzitorului de aer este prezentată în figura 5, iar diferite inele de etanşare în figura 6.

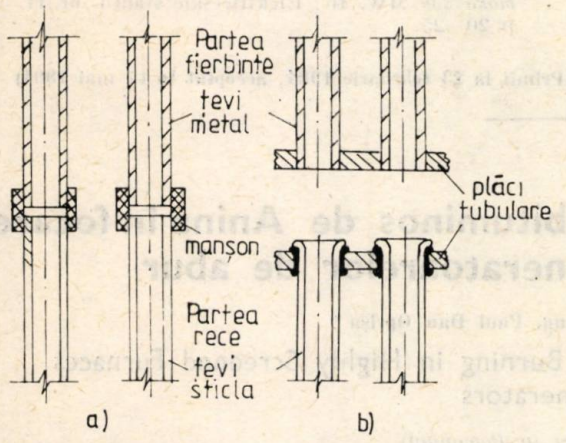


Fig. 5. Prinderea ţevilor între treptele preîncălzitorului de aer [13] : a — cu manşon ; b — cu plăci tubulare.

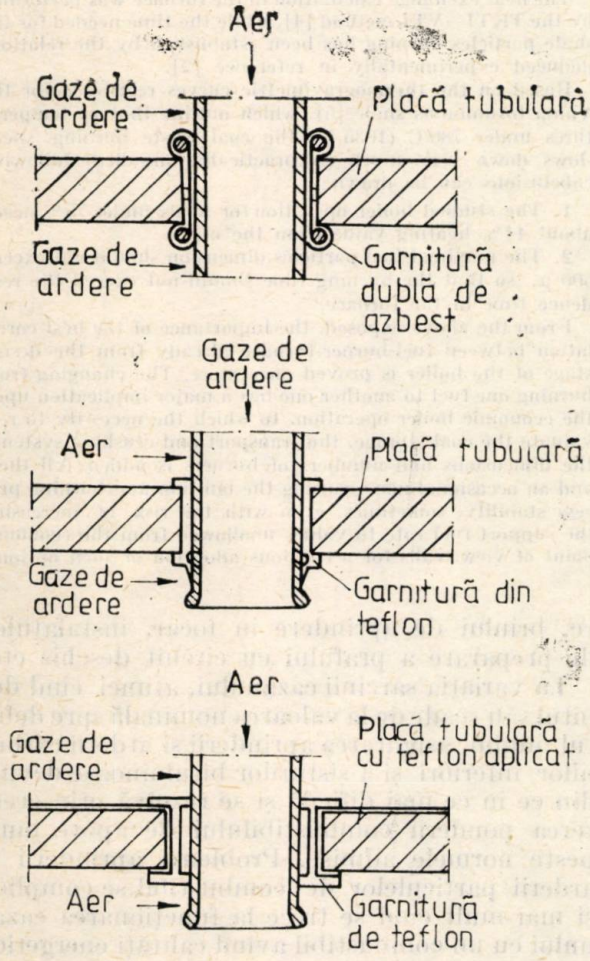


Fig. 6. Inele de etanşare [12].

4. Concluzii

Utilizarea preîncălzitoarelor de aer cu ţevi de sticlă ca instalaţii care să permită reducerea temperaturii gazelor evacuate la coş, respectiv a pierderilor de căldură cu gazele evacuate la coş a constituit o preocupare deosebită a constructorilor de cazane şi a personalului de exploatare a centralelor care folosesc combustibil cu conţinut ridicat de sulf.

În cazurile în care s-a aplicat procedeul s-au obţinut rezultatele aşteptate, iar problemele legate de montarea şi întreţinerea PATS au fost soluţionate prin procedee tehnologice corespunzătoare.

Se constată că gradul actual de răspîndire este încă limitat, deoarece mai trebuie rezolvate probleme privind evitarea spargerii ţevilor în exploatare, fixărea ţevilor de sticlă în plăcile tubulare, asigurarea materialelor pentru ţevile de sticlă şi a modului de întreţinere, reparare şi înlocuire a ţevilor.

Pe lîngă rezolvarea problemelor menţionate, decizia de a se înlocui o treaptă a preîncălzitorului de aer, sau de introducere a unei trepte suplimentare finale la acesta trebuie să se facă, pentru fiecare caz în parte, pe baza unei analize, care să ia în considerare calculul termic al cazanului şi un calcul tehnico-economic comparativ cu alte soluţii.

Bibliografie

[1] Krol, L. B. şi Rozengauz, I. N. *Konvektivnie elementi moşcinîh kotelnîh agregatov.* Ed. Energhiia, Moscova 1976.

[2] Kerpes, O. *Glas — Luftvorwärmer im Einsatz bei drei Stadtgasspaltanlagen mit einer Kapazität von 1,5 mil. Nm³ Stadtgas je Tag.* In: V.G.B., nr. 3, iunie 1969 p. 208—210.

[3] Mercier, J. P. şi Cortier, J. *Comportement et evolution des generateurs de vapeur a haules caracteristiques d'Electricité de France.* In: Rev. Gen. de Therm., vol. XI, nr. 124, apr. 1972, p. 331—338.

[4] Bendasiuk, V. P. ş.a. *Expluataţionnie ispitaniia stekliannogovozduhopodogrevatelia na pileugolinom kotle.* In: Energhetik, nr 9, 1982, p. 33—34.

[5] Gavrilov, A. F. ş.a. *Vozduhopodogrevateli so steklianniml trubami.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 12—1972, p. 33—37.

[6] Gavrilov, A. F. ş.a. *Rasciot nizkotemperaturnogo vozduhopodogrevatelia so stekliannîmi trubami.* In: Teploenerghetika, nr. 11, 974, p. 90—91.

[7] Mosatov, Iu. V. şi Dubrovoi, V. S. *Opredelenie ekonomiceskih skorostei gazov i vozduha so steklianniîh trubcialih vozduhopodogrevatelia.* In: Teploenerghetika, nr. 9, 1978, p. 49—50.

[8] Jabo, V. V. ş.a. *Analiz raboti nizkotemperaturnogo vozduhopodogrevatelia so stekliannîmi trubkami.* In: Teploenerghetika, nr. 2, 1975, p. 25—27.

[9] Maidanik, N. N. ş.a. *Issledovanie napriajennogo sostoianniia steklianniîh trub vozduhopodogrevatelia pod deistviem aerodinamiceskih sil potoka gazov.* In: Teploenerghetika, nr. 12, 1974, p. 81—83.

[10] Gorelov, A. F. *Vozduhopodogrevatelia iz steklianniîh trub.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 7, 1965 p. 75—76.

[11] Kliuzin, V. S. ş.a. *O zascite trub vozduhopodogrevatelia stekliannimi nasadkami.* In: Elektriceskie stanţii, nr. 2, 1972, p. 67.

[12] Pollamnn, S. şi Wolf, H. *Die Korrosions — bestän digkeit von Dichtungsringen für Lufterhitzerohre aus Glas.* In: V.G.B., nr. 7, 1973, p. 482—486.

[13] *** *After three years of adjustments glass air heaters pay dividends.* In: Power, august, 1970, p. 55.

[14] Upmalis, A. *Anwendung von Glassrohr—Lufterhitzer.* In: BWK, nr. 5, 1968, p. 221—224.

[15] Bower, I. G. *Glass air heaters for watertube boilers.* In: Journal of Institute of Fuel, nr. 326, 1968. p. 133—137.

[16] Wieland G. şi Wolf, H. *Tieftemperaturkorrosion Jahrbuch der Dampferzeugerstechnik. ugungstechnik.* Vulkan — Verlag, Essen, ediţia I-a 1970, p. 460—467, ediţia II-a 1972/72 — p. 367—375.

[17] Maidanik, M. N. ş.a. *Nizkotemperaturnii vozduhopodogrevatelia so stekliannimi trubami.* In: Energhetik, nr. 4, 1973, p. 9—11.

[18] Gavrilov, A. F. ş.a. *Is edovanie nizkotemperaturnogo podogrevatelia so steklaiannimi trubami na kotle energobloka 330* MW. In: Elektriceskie stanţii, nr. 11, 1973 p. 20—25.

(Primit la 23 februarie 1984, acceptat la 17 mai 1984)

Unele aspecte ale arderii şistului bituminos de Anina în focarele puternic ecranate ale generatoarelor de abur

Dr. ing. Corneliu Ungureanu, ing. Paul Dan Oprişa *

Some Aspects of Anina Bituminous Shales Burning in Highly Screened Furnaces of Steam Generators

(Condensed from the paper in Romanian)

The safe ignition and burning of low grade coal types and mainly of bituminous shales raise special problems due to the high ballast content, a reason for which their burning in pulverized state with a support fuel (natural gas or oil) is applied, alongside with other technological measures like dust concentrators, post-burning grates, furnace ignition belts, open-circuit dust preparing installations, etc.

During the boiler lead variation, when its flow understeps the rated value tending towards the minimal flow, the safe ignition and burning of low grade coal types and of bituminous shales becomes difficult ans is solved by increasing the support fuel share much over the admitted prescriptions. The problem of fuel particles ignition and burning complicates itself even more when the boiler is to be operated on a fuel with lower energetic properties than the designed ones.

In order to outline the implications occuring in such situations the particular case of the Anina bituminous shales burning, having $H_i = 4000$ kJ/kg in the boiler furnace with a rated steam flow $D_n = 27.8$ kg/s (100 t/h), rated pressure $p = 1.47$ MPa and as overheating temperature $t_n = 523$ K, was chosen.

This boiler was designed for burning lignite with $H_i = 6700$kJ/kg with a thermal support of 0 12 % ... oil [1], i.e. a fuel with better energetic properties than the one of the Anina bituminous shale [2], [3].

The calculations for establishing the minimal air quantity, the burning products and the *H* diagram tracing for the simultaneous burning of the bituminous shale and of the oil have been performed by computer. The computation program logics for the simultaneous burning of the two fuels is presented in Table 1.

The heat exchange calculation in the furnace was performed by the TKTI—VTI method [4], while the time needed for the shale particles burning has been established by the relations deduced experimentally in reference [2].

Based on the thermogravimetric curves registered for the Anina bituminous shale [5], which outline that at temperatures under 780°C (1035 K) the coal waste burning speed slows down very much (is practically annulled) following conclusions can be drawn:

1. The studied boiler operation for loads under 75 % needs about 44 % heating value from the oil.
2. The maximal fuel particles dimension should not exceed 500 μ, so that the burning time should not exceed the residence time in the furnace.

From the above exposed, the importance of the best correlation between fuel-burner-furnace already from the design stage of the boiler is proved once more. The changing from burning one fuel to another one has a major implication upon the economic boiler operation, to which the necessity to revaluate the coal storage, the transport and crushing systems, the dimensions and numbers of burners is added. All these and an occasional non-ensuring the ignition and burning process stability, sometimes, even with the risk of increasing the support fuel rate to values unallowed from the economic point of view, calls for a cautious adoption of such options.

Asigurarea aprinderii şi arderii cărbunilor inferiori, dar mai ales a şisturilor bituminoase, ridică probleme deosebite datorită conţinutului ridicat de balast, motiv pentru care se apelează la arderea în stare pulverizată a acestora în prezenţa unui combustibil de aport (gaze naturale sau păcură), alături de alte măsuri tehnice ca, de exemplu, folosirea arzătoarelor cu concentrator de praf, grătarelor de postardere, brîului de aprindere în focar, instalaţiilor de preparare a prafului cu circuit deschis etc.

La variaţia sarcinii cazanului, atunci cînd debitul său scade de la valoarea nominală spre debitul minim, asigurarea aprinderii şi arderii cărbunilor inferiori şi a şisturilor bituminoase devine din ce în ce mai dificilă şi se rezolvă prin creşterea ponderii combustibilului de aport mult peste normele admise. Problema aprinderii şi arderii particulelor de combustibil se complică şi mai mult cînd se trece la funcţionarea cazanului cu un combustibil avînd calităţi energetice inferioare celui de proiect.

* Dr. ing. Corneliu Ungureanu — profesor, ing. Paul Dan Oprişa — asistent la I. P. „Traian Vuia" Timişoara

Tabelul 1

Schema logică a programului de calcul pentru arderea simultană a doi combustibili

START

↓

Citește
- nr. de combustibili (m) (max. 8)
- date generale,
- participarea masică a fiecărui combustibil în amestec (μ)
- puterea calorifică inferioară (Hi)
- compoziția elementară a fiecărui combustibil, în ordinea: C, H, S, O, N, W, A

↓

- Verifică datele introduse
- Puterea calorifică și compoziția combustibilului
- echivalent:

$$Hi = \sum_{i=1}^{n} \mu_i \cdot Hi_i$$

$$C = \sum_{i=1}^{m} \mu_i C_i$$

$$\vdots$$

$$A = \sum_{i=1}^{n} \mu_i A_i$$

- Produsele arderii în ipoteza arderii perfecte:

$$O_{min} = 1{,}8675\{C + 3[H - 0{,}125(O - S)]\}$$

$$L_{min} = \frac{L_{min}}{0{,}21}$$

$$V^{\circ}_{RO_2} = 1{,}867 \cdot C + 0{,}7 \cdot S$$

$$V^{\circ}_{N_2} = 0{,}8 \cdot N + 0{,}79 \cdot L_{min}$$

$$V^{\circ}_{H_2O} = 11{,}2 \cdot H + 1{,}245 \cdot W + \frac{1{,}293 \cdot L_{min} \cdot d}{0{,}804}$$

↓

1

↓

- Generează tabel cu produsele arderii pentru $\lambda = 1{,}0 \ldots 1{,}9$ cu pas 0,1 cu relațiile:

$$\Delta L_{min} = 0{,}1 \cdot L_{min} \ (i - 1)$$

$$L = L_{min} + \Delta L_{min}$$

$$V_{RO_2} = V^{\circ}_{RO_2}$$

$$V_{N_2} = V^{\circ}_{N_2} + 0{,}79\,\Delta L_{min}$$

$$V_{O_2} = V^{\circ}_{O_2} + 0{,}21\,\Delta L_{min}$$

$$V_{H_2O} = V^{\circ}_{H_2O} + 1{,}6082 \cdot d \cdot \Delta L_{min}$$

$$V_{ga} = V_{RO_2} + V_{N_2} + V_{O_2}$$

$$V_{gt} = V_{ga} + V_{H_2O}$$

$$(RO_2)_f = V_{RO_2}/V_{gt}$$

$$(N_2)_f = V_{N_2}/V_{gt}$$

$$(O_2)_f = V_{O_2}/V_{gt}$$

$$(H_2O)_f = V_{H_2O}/V_{gt}$$

↓

Listează tabelul cu produsele arderii

↓

- Generează tabel cu entalpia gazelor de ardere pentru $\lambda = 1{,}0 \ldots 1{,}9$ cu pas 0,1 din 200 în 200°C cu relațiile:

$$I^{\circ}_{V_{gt}} = V^{\circ}_{RO_2} \cdot i_{RO_2} + V^{\circ}_{N_2} \cdot i_{N_2} + V^{\circ}_{O_2} \cdot i_{O_2} + V^{\circ}_{H_2O} \cdot i_{H_2O}$$

$$\Delta I_{V_{gt}} = 0{,}1 \cdot L_{min} \cdot i_a$$

- La fiecare pas de 0,1 (contor i)

$$I_{V_{gt}} = I^{\circ}_{V_{gt}} + (i - 1) I_{V_{gt}}$$

↓

Listează tabelul $I - t$

↓

STOP

Pentru a evidenția implicațiile care apar în asemenea situații s-a ales un caz particular al arderii șisturilor bituminoase de Anina cu $H_i = 4000$ kJ/kg în focarul cazanului cu debitul nominal de abur $D_n = 27{,}8$ kg/s (100 t/h), presiunea nominală p = 1,47 MPa și temperatura de supraîncălzire $t_n = 523$ K.

La proiectarea acestui cazan s-a avut în vedere folosirea lignitului cu $H_i = 6700$ kJ/kg cu un suport termic de 0 — 12% păcură [1], deci a unui combustibil cu caracteristici energetice superioare șistului bituminos de Anina [2, 3].

Calculele pentru stabilirea aerului minim, produselor arderii și trasării diagramei It pentru arderea simultană a șistului bituminos și păcurii au fost efectuate cu ajutorul calculatorului electronic. Schema logică a programului de calcul pentru arderea simultană a celor doi combustibili este prezentată în tabelul 1.

Valorile temperaturii teoretice în focar t_t, corespunzătoare celor 10 variante, caracterizate printr-un anumit aport caloric q_p al păcurii, au fost stabilite în ipoteza preîncălzirii aerului la $T_{ac} = 573$ K și coeficientul excesului de aer în focar $\lambda_f = 1{,}3$.

Rezultatele calculelor efectuate sînt prezentate în figura 1, din care se constată că la creșterea aportului caloric al păcurii între 2 și 44%, temperatura teoretică de ardere din focar se

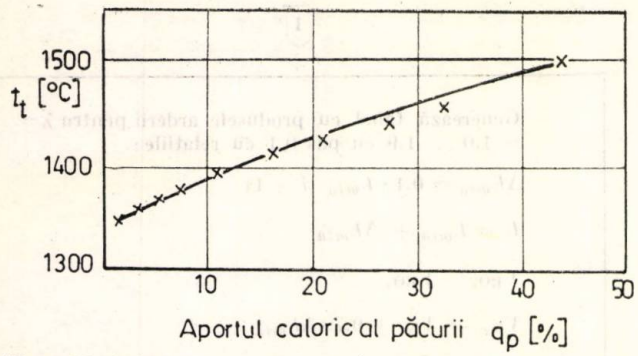


Fig. 1 Variația temperaturii teoretice din focar în funcție de aportul caloric al păcurii.

modifică în limite relativ restrînse, între 1350 și 1500°C.

Temperatura absolută T_{go}, cu care gazele de ardere părăsesc focarul, s-a determinat din expresia [4]:

$$\frac{T_{go}}{T_t} = \frac{B_0^{0,6}}{M\varepsilon_0^{0,6} + B_0^{0,6}}, \qquad (1)$$

din care, prin explicitarea invariantului lui Boltzmann, se obține:

$$T_{go} = t_{go} + 273 = \frac{T_t}{M\left(\frac{5,77\ \psi_m \cdot F_{pf} \cdot \varepsilon_f\ T_f^3}{10^{11}\ \varphi B_c\ V_{gt}\ c_{pg}}\right)^{0,6} + 1}, \text{ [K]} \qquad (2)$$

unde:

M este un coeficient numeric, care depinde de amplasarea relativă a maximului de temperatură (nucleul flăcării) în focar;

ψ_m — valoarea medie a coeficientului de eficacitate termică;

F_{pf} — suprafața totală, care mărginește volumul activ al focarului, în m^2;

φ — coeficientul de conservare al căldurii;

B_c — valoarea de calcul al consumului de combustibil, în kg/s;

V_{gt} — volumul total al gazelor de ardere, în m_N^3 /kg;

c_{pg} — capacitatea calorică specifică a gazelor de ardere, kJ/m^3 grd;

ε_f — puterea relativă de emisie a focarului.

Ținînd seama că se produce arderea simultană a șistului bituminos și păcurii, s-a admis coeficientul de murdărire $\zeta = 0,55$, iar valorile lui M și ε_f au fost stabilite cu relațiile:

$$M = q_p M' + (1 - q_p)M'', \qquad (7)$$

$$\varepsilon_f = \frac{\varepsilon_{f1}}{\varepsilon_{f1} + (1 - \varepsilon_{f1})\psi_m}, \qquad (8)$$

$$\varepsilon_{f1} = 1 - e^{-kps_r} \qquad (9)$$

$$k = k_g\ r_g + (1 - q_p)k_{cen}\mu_{cen} +$$

$$+ (1 - q_p)\ k_{cocs}\ k_1 k_2 + q_p k_c \left[\frac{1}{\text{m} \cdot \text{bar}}\right] \qquad (10)$$

în care:

M' și M'' — coeficienți numerici stabiliți în funcție de amplasarea arzătoarelor de păcură, respectiv șist bituminos;

ε_{f1} — puterea relativă de emisie a flăcării;

k_g, k_{cen}, k_{cocs}, k_c — coeficientul de atenuare a radiației datorită gazelor triatomice, cenușii, cocsului și particulelor de funingine, în l/m. bar;

k_1 și k_2 — coeficienți care iau în considerare influența particulelor de cocs în flacără;

s_r — grosimea stratului radiant, în m;

p — presiunea din focar, în bar.

Temperatura gazelor de ardere t_{go} la părăsirea focarului are valori foarte mici, care se modifică relativ puțin în funcție de variația sarcinii cazanului și aportului caloric al păcurii, așa cum se observă din figura 2.

Cercetările experimentale [5], bazate pe curbele termogravimetrice ridicate pentru șistul bituminos de Anina, au evidențiat faptul că la temperatura de 780°C (1053 K) se obține un echilibru între energia termică rezultată din arderea carbonului și energia termică schimbată cu mediul ambiant.

Viteza de ardere la această temperatură este destul de redusă din cauza concentrației mici

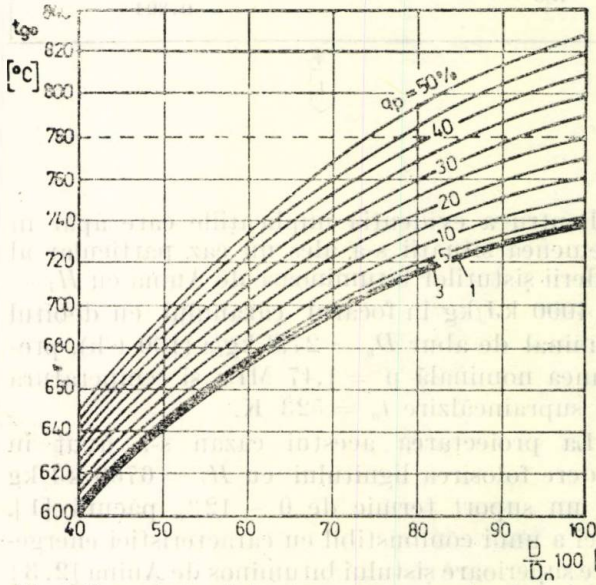


Fig. 2 Dependența dintre temperatura gazelor de ardere la părăsirea focarului, sarcina cazanului și aportul caloric al păcurii.

a carbonului în masa șistului bituminos, iar la temperaturi inferioare celei amintite, viteza de ardere se anulează practic. Dacă se consideră $t_{go} = 780°C$, din figura 2 rezultă că pentru a putea funcționa cazanul la 75% din debitul nominal, cota parte a combustibilului de aport ar trebui să ajungă la $q_p = 44\%$.

În baza cercetărilor prezentate în lucrarea [2], timpul total necesar arderii particulelor de șist bituminos cu diametrul maxim d_{max}, se compune din timpul de pregătire τ_p, timpul de ardere a substanțelor volatile τ_V și timpul de ardere a reziduului carbonos τ_r, a căror mărime se poate calcula din relațiile :

$$\tau_p = 61{,}5 \cdot 10^{12}\, d_{max}^{\ 0{,}62} T_m^{-4{,}05}\, O_2^{-0{,}34}\ [s] \quad (11)$$

$$\tau_V = k_V d_{max}^{m_1} = 97 \cdot d_{max}^{1{,}99}\ [s] \quad (12)$$

$$\tau_r = k_r d_{max}^{m_r} = 357 \cdot d_{max}^{1{,}87}\ [s] \quad (13)$$

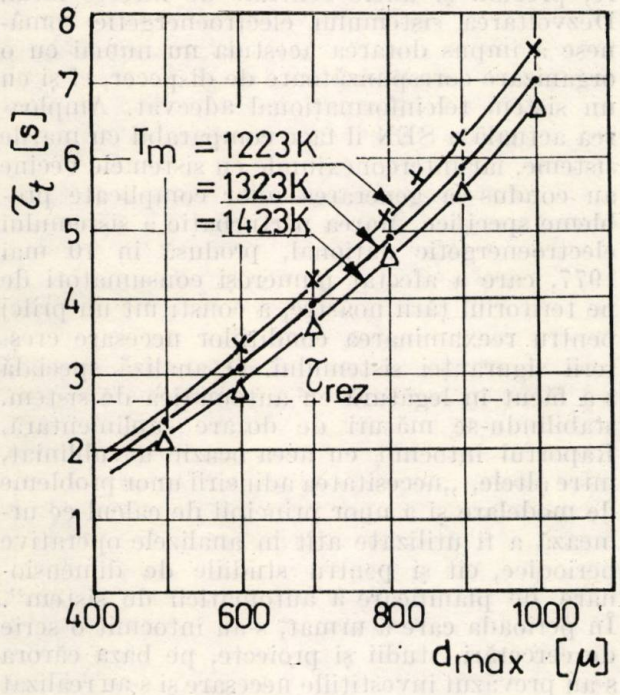


Fig. 3. Dependența dintre timpul total de ardere, diametrul maxim al particulelor de șist și temperatura medie a focaruluii

Rezultatele calculelor prezentate în figura 3 pentru diametre ale particulelor $d_{max} = (500 - 1000)\mu$ și temperaturi medii în focar $T_m = (1223 - 1423)K$, considerînd $O_2 = 21\%$, scot la iveală că timpul total necesar arderii particulelor variază între 2,15 și 7,46 secunde. Pe de altă parte, timpul de rezidență al particulelor de șist insuflate în focar prin arzătoarele superioare, se situează în jur de 2,65 secunde pentru linie dreaptă și circa (3,7 — 5,3) secunde, dacă traiectoria lor ar crește cu (40 — 100)%, datorită insuflării tangențiale prin cele patru arzătoare dispuse în colțurile focarului. Ca urmare, este de așteptat ca numai particulele cu dimensiunea maximă de circa 500 μ, respectiv 800μ să aibă timpul necesar pentru ardere completă în focar. Celelalte particule cu dimensiuni mai mari rămîn incomplet arse, micșorînd prin aceasta sensibil randamentul cazanului.

Din cele expuse mai sus se dovedește încă o dată importanța corelării cît mai bune între combustibil-arzător-focar, chiar din faza de proiectare a cazanului. Trecerea de la funcționarea cu un combustibil la altul are implicații majore asupra exploatării economice a cazanului, la care se adaugă necesitatea reevaluării depozitului de cărbune, sistemelor de transport și măcinare, dimensiunilor și numărului de arzătoare. Toate acestea, inclusiv neasigurarea, uneori, a stabilității procesului de aprindere și ardere, chiar cu riscul măririi cotei combustibilului de aport la valori nepermise din punct de vedere economic, reclamă prudență în adoptarea unor asemenea opțiuni.

Bibliografie

[1] Aldea, M. ș.a. Cazane de abur și recipiente sub presiune. Îndrumător, Editura tehnică, București, 1982.

[2] Carabogdan, J., Dămăceanu, E. Considerații asupra caracteristicilor energetice ale șisturilor bituminoase din Banat. În: Studii și cercetări energetice și electr., nr. 2, tom 22, pag. 253—265.

[3] Bălan, V. Caracteristicile energetice ale șisturilor bituminoase din bazinul Anina — Doman pentru centrale termoelectrice. Sesiunea tehnico-științifică, ICEMENERG, București, 12—14 iunie, 1980.

[4] ȚKTI-VTI. Teplovoi rasciot kotelinih agregatov — Normativnii metod, Moskva, 1973.

[5] Golești eanu, I. Aplicarea metodelor de termogravimetrie la investigarea comportării prafului de cărbune în procesul de ardere — Referat doctorat, I. P. București, 1984.

(Primit la 4 iulie 1984, acceptat la 19 iulie 1984)

Probleme actuale și de perspectivă ale sistemului electroenergetic Românesc

Dr. ing. Eugeniu Pavel, dr. ing. Victor Romert *

Sistemul electroenergetic românesc s-a format și s-a dezvoltat în timpul regimului nostru de democrație populară. Începînd cu primul plan de electrificare și folosire a apelor, din 1950, continuînd cu planurile cincinale următoare și cu directivele Congresului al XII-lea al Partidului Comunist Român, problema energiei a fost considerată o problemă de stat prioritară. Documentele Congresului al XII-lea au reflectat preocupările deosebite ale partidului pentru asigurarea independenței energetice a țării și pentru îmbunătățirea structurii sistemului.

În articolul de față, se face o prezentare a situației actuale a dotării sistemului electroenergetic românesc și se fac cîteva propuneri de principiu rezultate din experiența de exploatare, care ar trebui avute în vedere la concepereа și proiectarea în viitor a dotărilor necesare.

Datele statistice arată că în anul 1982, în sistemul electroenergetic românesc s-au produs 68923 GWh, cu o putere totală instalată în grupurile electrogene de 17470 MW. Producția medie pe cap de locuitor de peste 3000 kWh plasează țara noastră în eșalonul fruntaș al grupei țărilor în curs de dezvoltare [1]. Dezvoltarea Sistemului Electroenergetic Național s-a făcut în fapt în conformitate cu prevederile documentelor de partid și de stat. În prezent sîntem încă în perioada de tranziție [2], care se caracterizează prin neuniformitatea densității teritoriale a puterii instalate și neechilibrări zonale ale consumului și producției de energie electrică; excedentul de putere din Oltenia s-a accentuat, urmînd să înceapă să scadă în viitorul cincinal după intrarea în funcțiune a primelor grupuri ale centralelor nucleare. Se face în continuare un transport de energie și respectiv, de putere electrică din sud-estul țării noastre spre est și nord-est. Inelul de rețele magistrale la care se vor racorda atît sursele principale, cît și consumatorii principali, se construiește pas cu pas și va fi, probabil, încheiat în cincinalul viitor. În aceste condiții, sistemul electroenergetic românesc trece în prezent prin unele dificultăți inerente și caracteristice perioadelor de tranziție.

Conducerea SEN se face cu o structură organizatorică cu trei nivele. Dispecerul energetic central are în subordine 5 puncte de dispecer energetic teritorial și unele din centralele electrice mari. Regimurile rețelelor de transport se conduc prin intermediul dispecerilor energetici teritoriali, care la rîndul lor au în subordine puncte de dispecer local. Sarcinile dispecerilor teritoriali cuprind coordonarea centralelor aferente zonei și comanda nemijlocită a rețelelor de 400 și 220 kV și a cîtorva noduri mai importante de 110 kV. Dispecerii locali coordonează regimurile rețelelor de distribuție și de alimentare, precum și unele centrale de interes local. Dezvoltarea sistemului electroenergetic românesc a impus dotarea acestuia nu numai cu o organizare corespunzătoare de dispecer, ci și cu un sistem telecinformațional adecvat. Amploarea actuală a SEN îl face comparabil cu marile sisteme, iar interconexiunile cu sistemele vecine au condus la generarea unor complicate probleme specifice. Marea perturbație a sistemului electroenergetic național, produsă în 10 mai 1977, care a afectat numeroși consumatori de pe teritoriul țării noastre, a constituit un prilej pentru reexaminarea condițiilor necesare creșterii siguranței sistemului. O analiză specială s-a făcut în legătură cu automatica de sistem, stabilindu-se măsuri de dotare suplimentară. Raportul întocmit cu acea ocazie a subliniat, între altele, „necesitatea adîncirii unor probleme de modelare și a unor principii de calcul ce urmează a fi utilizate atît în analizele operative periodice, cît și pentru studiile de dimensionare de planificare a automaticii de sistem". În perioada care a urmat, s-au întocmit o serie de cercetări, studii și proiecte, pe baza cărora s-au prevăzut investițiile necesare și s-au realizat lucrările. Automatica actuală de sistem se bazează, în special, pe dispozitivele de descărcare automată a sarcinii, pe insularizări ale unor zone echilibrate electroenergetic și, în unele cazuri limită, pe automenținerea centralelor electrice cu serviciile proprii, pînă la recuplarea lor la rețele. O serie de lucrări publicate [4, 5] atestă preocupările specialiștilor în acest domeniu. Au fost elaborate numeroase programe de calcul la care au contribuit specialiști din cercetare și din proiectare, iar sfera de cuprindere este destul de largă, incluzînd probleme de funcționare economică, de regimuri permanente de funcționare, de regimuri dinamice, de oscilații lente etc. O lucrare de o deosebită valoare, dar și de o amploare mare este cercetarea parametrilor statici și dinamici ai

*) Dr. ing. Eugeniu Pavel – ICEE, dr. ing. Victor Romert – DEN.

elementelor sistemului electroenergetic (echipamentelor de producție și de transport); rezultatele acestei cercetări aplicative vor furniza datele necesare pentru o modelare mai exactă, în special în problemele regimurilor tranzitorii. În paralel, vor trebui efectuate cercetările pentru „identificarea sistemelor" [6], ținînd seama că în viitor complexitatea sistemelor nu va mai permite folosirea metodelor actuale de modelare.

Așa cum s-a spus mai sus, sistemul electroenergetic românesc va avea în viitor o structură mai echilibrată, capabilă să facă față mai bine incidentelor posibile.

Noua situație, precum și experiența de exploatare de pînă acum, impun o revedere a conceptelor și principiilor de bază folosite în prezent în cercetarea, proiectarea și exploatarea sistemului electroenergetic, în special în legătură cu siguranța de funcționare a acestuia.

1. Incidente normale, anormale și majore

Cercetătorul, proiectantul și coordonatorul operativ al sistemului electroenergetic trebuie să fie puși în fața unor criterii unanim acceptate, care să reprezinte gama condițiilor pe care trebuie să le ia în considerare la determinarea configurației sistemului producție-transport de energie electrică.

O noțiune de bază pentru proiectarea și exploatarea sistemului este „incidentul normal". Indiferent de interpretarea și evaluarea dată unui incident, incidentul normal este, din punctul de vedere al sistemului, evenimentul care se poate produce în sistem fără ca acesta să depășească limitele stării normale sigure. Un astfel de incident este previzibil și trebuie luat în considerare la cercetarea, studierea și proiectarea investițiilor, pe baza analizei contingențelor.

În general se consideră pierderea unui singur echipament important de producție sau transport (grup, linie), ori pierderea a două echipamente de același tip (grupuri sau linii) sau de tipuri diferite (grup și linie), ca evenimente normale din punctul de vedere al sistemului electroenergetic.

„Incidentul anormal" este evenimentul care poate avea loc, dar care nu a fost luat în considerație la planificarea și proiectarea sistemului energetic și căruia, în consecință, sistemul energetic nu poate să-i facă față obligatoriu; nu este sigur că sistemul rămîne într-o stare normală după eliminarea acestui incident.

Ceea ce caracterizează un incident major asupra sistemului energetic este producerea unor evenimente în cascadă, a căror origine se găsește, în cele mai multe cazuri, într-un incident anormal și care se dezvoltă printr-un efect de „prăbușire". În general, la un incident major rezultă întreruperi în alimentarea consumatorilor, dar importanța acestora nu este o caracteristică distinctivă a incidentului major. Un incident important urmat de restaurarea rapidă poate să nu provoace consumatorilor decît întreruperi de scurtă durată și slabe. Dar analiza unor asemenea incidente poate fi la fel de bogată sau chiar mai bogată în informații decît aceea a cazurilor în care întreruperi importante ale consumatorilor frapează opinia publică.

Originea incidentelor majore se găsește, în mod obișnuit, în incidente anormale. Acestea pot avea diverse cauze: de exemplu, neeliminarea unui defect de către protecția sau automatica normal prevăzută pentru acest lucru conduce la repercusiuni asupra altor instalații și creează condițiile unui incident major.

Tot așa, cauza unui incident major poate fi o logică necorespunzătoare a unui ansamblu de automatici, care este bine adaptată pentru anumite condiții de sarcină sau de tensiune din regimul inițial al rețelei, dar nu este adaptat în condițiile de postincident.

Unele condiții de funcționare ale rețelei pot favoriza incidentele majore. De exemplu, într-o zonă cu deficit de putere unde tensiunea este scăzută, acțiunea reglajului sub sarcină al tensiunii transformatoarelor pe partea de distribuție are ca efect menținerea consumului de putere activă. Acest lucru are drept consecință creșterea pierderilor de putere reactivă în transformatoare și în rețeaua amonte, producîndu-se astfel supraîncărcarea liniilor, lucru ce poate conduce la o avalanșă de tensiune. Condițiile favorabile de dezvoltare ale unui incident major se găsesc adesea în situații meteorologice grele (furtună, viscol).

Ceea ce favorizează însă în mod sigur incidentele majore, este starea de incapacitate cronică sau accidentală a rețelei electrice și în mod deosebit a rezervelor de exploatare.

Cauzele incidentelor anormale cel mai des întîlnite în sistemul energetic național sînt:

— timpi de eliminare prea lungi pentru defecte;

— căderi de tensiune importante în timpul eliminării unor defecte;

— scăderea progresivă a tensiunii;

— depășirea limitelor de transport al puterii active;

— declanșarea unor grupuri importante sau chiar a unor centrale întregi;

— funcționarea defectuoasă a regulatoarelor de tensiune ale grupurilor;

— declanșarea unei linii ca urmare a oscilațiilor de putere provocate de slăbirea căii de transport prin deconectarea programată sau accidentală a altei linii în paralel cu ea;

— pierderea serviciilor interne în marile centrale electrice.

Dintre cauzele de extindere a perturbaţiilor menţionăm ca fiind mai frecvente :

— descărcarea automată insuficientă a sarcinii ;

— regulatoare de viteză defectuoase în centralele electrice ;

— repartiţie disproporţionată a sarcinii pe liniile rămase în funcţiune ;

— tensiuni scăzute în reţea ;

— lipsa cronică a unei rezerve turnante de putere.

Desigur că măsurile de prevenire a incidentelor majore trebuie să aibă în vedere atît gravitatea acestora, cît şi intensitatea lor de apariţie. O trecere în revistă a genurilor de incidente ce apar şi examinarea intensităţii lor de apariţie este utilă pentru stabilirea strategiilor de comandă.

Deteriorarea unuia sau a cîtorva elemente şi localizarea porţiunii deteriorate prin instalaţiile de bază de protecţie prin relee şi automatizări fără deconectarea unei părţi importante de consumatori sau secţionarea sistemului are loc relativ frecvent. Acestea sînt incidente normale sau anormale de mică importanţă.

Refuzul de acţionare a protecţiei prin releee sau a întrerupătoarelor şi localizarea incidentelor de către protecţia de rezervă sau de automatici speciale, cum ar fi cele de rezervare la refuz de întrerupător, sînt incidente anormale, cu o intensitate dependentă de fiabilitatea echipamentelor respective şi nu ar trebui să depăşească cîteva procente din totalitatea incidentelor normale din reţea.

Perturbări ale sincronismului într-o secţiune de reţea cu resincronizare sau separare fără deconectări importante de consumatori sînt incidente anormale, cu o intensitate de apariţie relativ redusă, dar care pot degenera în incidente majore.

Perturbarea sincronismului în cascadă, ce se lichidează prin instalaţiile de automatică, chiar dacă nu este însoţită de deconectări importante de consumatori, este un incident anormal, de regulă major, şi se produce relativ rar.

Pierderile de putere importante de centrale electrice (centrale reprezentînd peste 7 — 10% din puterea sistemului energetic) se produc de cîteva ori într-un an şi sînt însoţite, de multe ori, de un incident major.

Deconectarea unei părţi din consum de către automatică la scăderea frecvenţei sau tensiunii în mod normal se poate produce de cîteva ori într-un an şi este consecinţa unor incidente anormale sau chiar majore. Cînd dezechilibrul energetic este cronic, astfel de incidente devin caracteristice.

Scăderea de durată a tensiunii în reţeaua de bază ca urmare a nedeconectării unui scurtcircuit şi pierderii stabilităţii unei părţi din consum cu avalanşă de tensiune se produce destul de rar şi este un incident major. Incidentul major tipic este separarea sistemului energetic pe zone, cu oprirea unor centrale electrice şi deconectarea unei părţi importante de consumatori. Asemenea cazuri au fost rare, intensitatea lor de apariţie fiind de unul la 5 — 10 ani. Se constată deci că intensitatea de apariţie a unor incidente majore corelată cu gradul lor de gravitate variază de la cîteva incidente într-un an la unul la cîţiva ani. O intensitate mare de apariţie a unor incidente majore este un indiciu de incapacitate cronică a sistemului energetic respectiv.

În cazul incidentelor majore obiectivul următor de conducere operativă este de a limita mai întîi efectele asupra sistemului energetic şi apoi de a reveni rapid la o situaţie normală.

În general, în unele studii de sistem nu se ia în considerare posibilitatea apariţiei unor incidente majore, măsurile limitîndu-se cel mult la definirea unei apărări cu mijloace normale disponibile. Un lucru este sigur, şi anume că la proiectare nu se pot evalua în totalitate consecinţele unui incident normal şi de multe ori unele dintre acestea sînt ignorate ; ca urmare nu se scot în evidenţă o serie de investiţii necesare justificate tehnic şi economic prin compensarea pagubelor de toate felurile datorate incidentelor.

2. Comanda sistemelor energetice în caz de incidente majore

Punctele de reper de care se ţine cont în cazul strategiilor de comandă sînt, pe de o parte, gradul de perturbare pe care sistemul energetic poate sau trebuie să-l suporte fără a antrena grave consecinţe pentru consumatori sau echipamente şi, pe de altă parte, măsurile suplimentare ce trebuie luate pentru a limita influenţa perturbaţiilor mai grave. Aceste repere sînt stabilite prin concepţia sistemului energetic, dar exploatarea zilnică necesită criterii operaţionale. Criteriul pierderii celei mai mari unităţi de producţie sau a unui circuit de transport este în general folosit , dar se dovedeşte a fi insuficient, deoarece nu permite să se investigheze decît funcţionări locale — incidente normale sau anormale de mică importanţă.

O analiză corectă trebuie să folosească criterii de incidente multiple. Evident că trebuie să existe o diferenţă între modul de a trata o perturbaţie ce afectează reţeaua electrică şi cel de a trata o perturbaţie ce afectează echilibrul producţie-consum. Perturbaţia cea mai critică este fără îndoială un dezechilibru brutal şi important între producţie şi consum, cauzat, de exemplu, de pierderea unor linii ce leagă zone mari de import-export sau de o pierdere importantă de producţie.

Pentru a limita propagarea incidentelor strategia de acţiune trebuie să fie „să se stingă cît mai repede focul", tăind rapid ceea ce trebuie

din consum, constituind rețele separate, izolind alimentarea serviciilor interne ale centralelor și chiar separînd centralele electrice de la sistem pe serviciile lor interne.

Pentru a fi în măsură să elaborăm strategii corecte trebuie să știm să evaluăm corect, sau în orice caz cu aproximație cît mai bună, consecințele probabile ale unor incidente, să elaborăm scenarii cît mai bune privind desfășurarea și consecințele incidentelor respective.

Experiența de exploatare indică următoarele consecințe probabile ale unor incidente :

— pierderea unei linii nu trebuie să aibă consecințe ;

— pierderea unui dublu circuit sau a două linii conduce la suprasarcină admisibilă în rețea și la variații de tensiune ;

— pierderea de producție are drept consecință o variație de frecvență și suprasarcină în rețea ;

— pierderea de linii multiple în mod sigur se soldează cu suprasarcină inadmisibilă în rețea și cu instabilitate tranzitorie ;

— pierderea de producție multiplă conduce la scăderea frecvenței, suprasarcină inadmisibilă în rețea, instabilitate tranzitorie, scădere de tensiune ;

— divizarea rețelei poate provoca instabilitate tranzitorie și oscilații susținute ;

— divizarea rețelei cu transfer important de putere conduce la scăderi și creșteri de frecvență, scăderi de tensiune, suprasarcini inadmisibile în rețea.

Ținînd cont de consecințele posibile în sistem, reglajul producției este mijlocul principal de a împiedica extinderea unor condiții de exploatare anormale asupra sistemului, cu excepția, evident, a fenomenelor legate de tensiunea rețelei. Condițiile anormale de rețea, dacă sînt limitate, sînt mai puțin periculoase decît perturbațiile de producție.

Măsurile ce se iau pentru limitarea incidentelor majore trebuie să tindă, pe de o parte, să elimine cauzele acestora, iar, pe de altă parte, să limiteze efectele lor. Măsurile tinzînd să elimine cauzele incidentelor majore sînt îndreptate, în general, în următoarele direcții :

— eliminarea rapidă a defectelor printr-un sistem de protecție complet și fiabil ;

— creșterea gradului de disponibilitate a grupurilor energetice și a liniilor de transport ;

— ameliorarea alimentării de siguranță a serviciilor interne ale centralelor electrice ;

— ameliorarea alimentării aparatajului de telecomunicații și telecomandă, în special a celui ce deservește instalațiile de automatizare ;

— ameliorarea reglajului producției, în special pentru cazul pierderii unei linii dintr-o zonă excedentară ;

— verificarea periodică a automaticilor de sistem ;

— creșterea calitativă a consemnelor de conducere sau a instrucțiunilor date personalului de dispecer ;

— creșterea informării sau o tratare mai bună a informațiilor la dispecer.

Măsurile tinzînd să limiteze efectele incidentelor majore sînt îndreptate în următoarele direcții :

— reducerea sensibilității centralelor electrice la variații rapide de frecvență și de tensiune ;

— extinderea și perfecționarea mijloacelor de descărcare (relee de descărcare la frecvență selectivă și folosind și derivata de frecvență, descărcarea selectivă telecomandată de la dispecer) ;

— introducerea sau ameliorarea dispozitivelor de secționare automată a rețelelor ;

— introducerea sau ameliorarea dispozitivelor de separare a centralelor electrice pe serviciile lor interne ;

— modificarea limitelor de putere transportabilă în rețea ;

— introducerea reglajului automat al producției ;

— menținerea unui procent rezonabil pentru rezerva turnantă și repartizarea corectă a acesteia ;

— informații adecvate situațiilor de incident major trebuie să fie aduse la dispecer (frecvența în rețelele separate, indicatori de stabilitate, cronologie absolută a schimbătorilor de stare etc.).

Comanda sistemelor energetice în caz de perturbații trebuie să se bazeze pe următoarele principii :

a) Eliminarea rapidă a defectelor în așa fel încît punctele de funcționare a centralelor să nu fie perturbate prea mult de variațiile de frecvență sau de tensiune, pentru ca alte declanșări să nu se producă și pentru ca declanșarea arterelor de transport să nu conducă la descărcarea consumului sau secționarea sistemului.

b) Presupunînd că defectul inițial este corect eliminat, noua stare să nu antreneze pierderea unor noi echipamente prin suprasarcină sau instabilitate.

c) Menținerea, în măsura posibilului, a egalității între puterea produsă sau disponibilă și consum, atît pe ansamblul sistemului, cît și în fiecare din zonele ce ar putea rezulta ca urmare a pierderii unor mijloace de transport.

În aplicarea acestor principii două domenii necesită ameliorări și anume examinarea mai frecventă a unui număr mare de condiții posibile de exploatare și determinarea cu precizie mai mare a capacităților maximale de transport.

În momentul apariției unei perturbații comanda sistemului poate acționa asupra producției, asupra consumului și asupra topologiei rețelei. Filozofia fundamentală este de a determina în momentul apariției perturbației cele

mai bune acțiuni asupra celor trei parametri, susceptibile de a limita efectele sale.

Strategia aplicată în cazul perturbațiilor de rețea sau de producție trebuie să fie : în cazul perturbațiilor de rețea acțiune asupra producției și apoi acțiune asupra configurației rețelei, iar în cazul perturbațiilor de producție acțiune asupra producției, acțiune asupra consumului și acțiune asupra configurației.

Cu titlu de exemplu prezentăm strategia pentru a limita dezechilibrul producție-consum, avînd drept consecință scăderea frecvenței. Ordinea de acțiune ar fi următoarea :

— reglajul producției (la echipamentele în serviciu prin libera funcționare a regulatoarelor primare și reglajul secundar, prin intervenție asupra instalațiilor cu pornire rapidă) ;

— reducerea tensiunii (în cazul unor deficite previzibile, pentru a reduce consumul) ;

— deconectarea unor consumuri tampon ;

— deconectarea manuală a consumatorilor, inclusiv de la distanță, în cazul dezechilibrelor previzibile ;

— comutarea serviciilor interne ale centralelor pe echipamente acționate cu abur sau independente ;

— deschiderea unor linii pe care se livrează energie ;

— descărcarea automată a sarcinii la scăderea de frecvență ;

— secționarea sistemului pe zone ;

— deconectarea în bloc a unor stații ;

— separarea centralelor pe serviciile lor interne.

La stabilirea stategiei trebuie ținut cont, în primul rînd, de duratele de intervenție.

Controlul producției prin reglaj secundar și al consumului prin nivelul tensiunii conduce la schimbări într-un interval de ordinul 1 — —15 minute. Comutările de rețea pot dura de la cîteva secunde, prin telecomandă, pînă la cîteva minute, în cazul stațiilor cu personal.

Evident că în cazul în care unele din aceste durate nu sînt satisfăcătoare trebuie extinsă automatizarea și în unele cazuri trebuie trecut la folosirea logicii calculatoarelor de proces.

3. Organizarea comenzilor în caz de incidente

În regim de incident dispozitivele automate asociate eliminării unui defect comportă mai multe niveluri de prioritate, utilizate pentru a împiedica propagarea incidentului în timpul tuturor fazelor sale de evoluție.

Nivelurile comenzilor automate ar trebui să fie următoarele :

— primul nivel, comanda automată a excitației grupurilor, precum și reanclanșarea mono și trifazată ;

— nivelul al doilea, descărcarea automată a sarcinii și reducerea rapidă a puterii tranzitate pe liniile de transport.

Cele două niveluri de automatică împiedică pierderea eventuală a sincronismului rețelei de transport. Al treilea nivel, cuprinde dispozitivele automate de secționare a sistemului și de eliminare a asincronismului între zonele rețelei de transport. Al patrulea nivel de automatizare ce ar trebui realizat este pornirea automată a centralelor hidroelectrice, comutarea lor din regim de compensator în regim de generator și descărcarea automată a grupurilor.

Instalațiile de comandă automată, pentru a răspunde în mod satisfăcător cerințelor, trebuie să aibă următoarele proprietăți :

a) Să aibă un caracter global, respectiv să cuprindă tot sistemul, atît rețeaua de transport, cît și cea de distribuție, precum și centralele electrice și consumatorii.

b) Să fie adaptive, respectiv să nu necesite intervenția personalului în cazul în care se modifică schemele și regimurile de exploatare.

c) Să permită o dezvoltare ușoară pe măsură ce se dezvoltă sistemul energetic fără a necesita modificări importante ale algoritmelor sau ale structurilor sale.

d) Să aibă caracter invariant, în sensul că perturbarea regimului normal într-o zonă să fie lichidată cu ajutorul acțiunii automaticii din această zonă sau cel mult din zonele apropiate.

e) Să aibă un grad de autonomie în raport cu legăturile de centralizare, respectiv automatica fiecărei zone trebuie să asigure stabilitatea acesteia în lipsa centralizării întregului sistem de automatică. Ierarhizarea sistemului de automatică permite să se crească eficiența acțiunilor de comandă.

Concluzii

Cercetarea, proiectarea și exploatarea sistemului energetic național trebuie să se bazeze pe o concepție modernă rezultată din experiența de pînă în prezent și pe tehnica modernă care va impune folosirea pe scară din ce în ce mai largă a logicii calculatoarelor complexe, cu funcții de analiză și de comandă. Principiile propuse și examinate mai sus se referă în special la problema siguranței în funcționare a sistemului electroenergetic. Desigur că și celelalte aspecte ale funcționării sistemului trebuie analizate, ca de exemplu : mersul economic și ierarhizarea comenzilor. Modelarea „mai exactă" a sistemului, necesară pentru examinarea pe model a problemelor respective este ea însăși o „problemă". Aceste aspecte trebuie să stea în atenția specialiștilor pe baza unui program amplu și eficient de cercetări, astfel încît rezultatele să poată fi aplicate în timp util. Nu este vorba numai de dotarea în sine, ci și de pregăti-

rea din timp a acesteia prin unificarea ideilor și precizarea unei tematici și strategii aplicabile pe durată lungă.

Bibliografie

[1] *** *Anuarul statistic al Republicii Socialiste România 1983.* Direcția Centrală de Statistică.

[2] Măiereanu, I., Pavel, E. *Aspecte privind siguranța în funcționare a sistemului energetic național în condițiile economisirii energiei.* În: Energetica, 28, nr. 1–2, ian. — febr. 1980.

[3] *** *Issledovanie ierarhiceskih struktur dispelcerskovo upravleniia v obiedinennih energosistemah.* Ed. CAER, Praga 1983.

[4] Constantinescu, J., Homoș, H. *Metodă practică de calcul pentru studiul stabilității statice a sistemelor electroenergetice complexe.* In: Energetica, nr. 9, sept. 1977.

[5] Dimo, P., Pomârleanu, M., Bejuscu, L. *The REI Models in contingencies analysis problemes.* In: Rev. Roum. Sci. Tech. — Electrotechn, 24, nr. 2, 1979.

[6] Eykhoff, P. *Identificarea sistemelor.* Traducere din limba engleză. Ed. Tehnică, București, 1977.

(Primit la 6 august 1984, acceptat la 16 noiembrie 1984)

Invenții — Inovații*

(54) Titlul : **Recuperator de căldură**
(72) Inventator : ing. Constantin Ionescu — București
(21) Dosar nr. : 100672
(22) Data înregistrării : 30.03.1980
(45) Data publicării : 30.11.1982
(51) Clasificarea internațională : F26D7/00
(11) Brevet România : 80021
(73) Titular : Intreprinderea „23 August" — București

Invenția se referă la un recuperator de căldură de radiație, ignitubular, destinat recuperării primare a energiei termice a gazelor arse, de la cuptoarele de topire, de forjă, pentru tratamente termice și bancuri de probă pentru motoare termice, în vederea încălzirii aerului destinat arderii, putînd fi folosit, în general, cînd temperatura gazelor arse din generatorul respectiv este foarte mare.

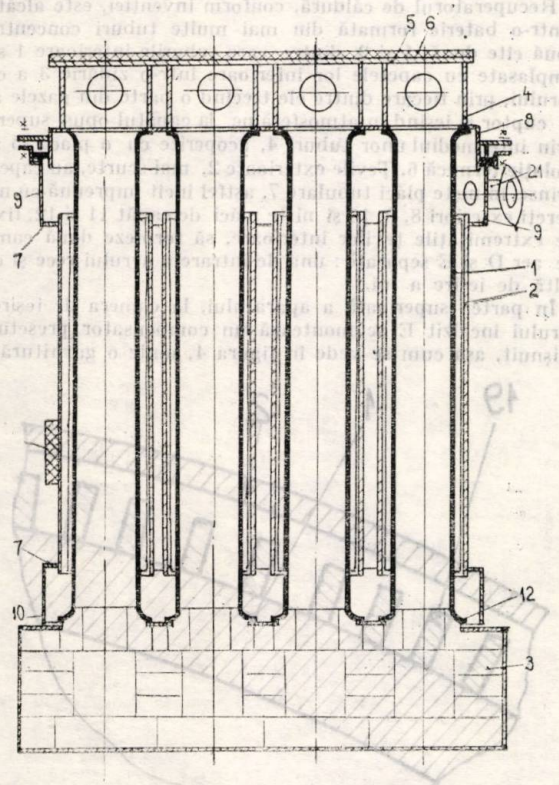


Fig. 1. Secțiunea verticală longitudinală A — A de-a lungul fasciculului de țevi.

În scopul recuperării primare a energiei termice, a gazelor arse, sînt cunoscute recuperatoarele prin radiație, alcătuite, în principal, din două tuburi, exterior și interior, de diametru mare, dispuse concentric, gazele de ardere trecînd numai prin tubul interior.

Aerul de încălzit circulă prin spațiul dintre cele două tuburi, fiind ghidat de o spirală sau de renuri. Căldura se transmite aerului prin convecție, atît de la tubul interior, cît și de la tubul exterior, care primește căldură prin radiație de la primul.

Pentru compensarea dilatațiilor termice ale celor două tuburi se pot utiliza dispozitive cu pîrghie și contragreutate sau compensatoare elastice.

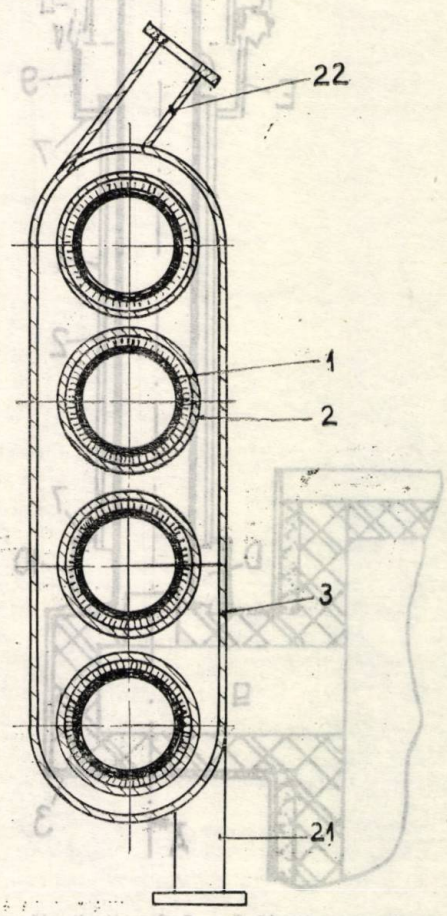


Fig. 2. Secțiune transversală B — B.

Aceste recuperatoare au, în general — în funcție de construcția lor — mai multe dezavantaje, dintre care se pot menționa :

— utilizarea unui tub central de diametru foarte mare înrăutățește transmiterea căldurii, aceasta fiind invers proporțională cu diametrul tubului, și, de asemenea, invers proporțională cu grosimea stratului de gaze arse, caracterizat prin coeficient de conductibilitate mic ;

— în cazul în care se preîncălzește un debit de aer mare, este necesară montarea, împreună, a două astfel de recuperatoare, în serie pe traseul gazelor de ardere și în paralel pe traseul aerului, fapt ce atrage după sine o lungime nedorită a recuperatorului rezultat ;

— compensatoarele elastice sînt, în general, dificil de realizat.

Recuperatorul ce face obiectul prezentei invenții înlătură dezavantajele menționate, prin aceea că, în scopul realizării unei transmiteri intensive de căldură, utilizează mai multe baterii de tuburi concentrice, dintre care tuburile interioare sînt amplasate cu capetele lor inferioare în zidăria cuptorului, prin fiecare dintre ele trecînd o parte din gazele arse în cuptor și ieșind în atmosferă pe la capătul opus, superior, iar capetele țevilor exterioare, mai scurte, sînt prinse în niște plăci tubulare, astfel încît să formeze cu extremitățile țevilor interioare două camere de aer separate, una de intrare a aerului rece și cealaltă de ieșire a lui după încălzire.

Figurile 1 — 5 prezintă un exemplu de realizare a invenției.

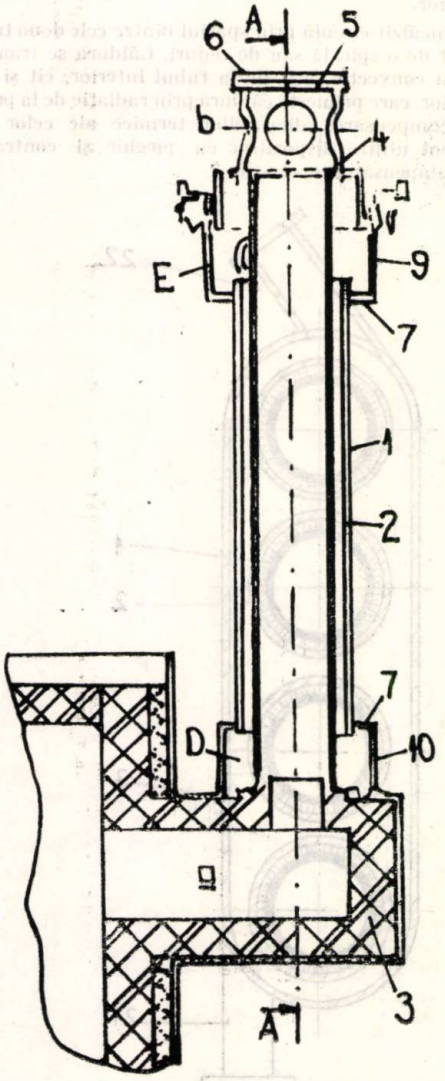


Fig. 3. Secțiune verticală C — C, longitudinală perpendicular pe fasciculul de țevi.

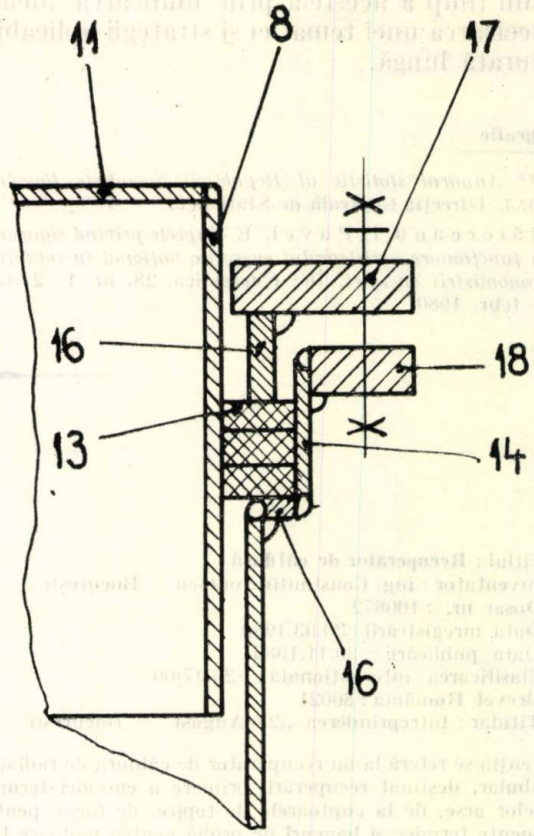


Fig. 4. Detaliu privind realizarea compensatorului de dilatație.

Recuperatorul de căldură, conform invenției, este alcătuit dintr-o baterie formată din mai multe tuburi concentrice două cîte două, 1 și 2, dintre care tuburile interioare 1 sînt amplasate cu capetele lor inferioare într-o zidărie 3 a cuptorului, prin fiecare dintre ele trecînd o parte din gazele arse în cuptor și ieșind în atmosferă pe la capătul opus, superior, prin intermediul unor tuburi 4, acoperite cu o placă 5 și o izolație termică 6. Țevile exterioare 2, mai scurte, au capetele prinse în niște plăci tubulare 7, astfel încît împreună cu niște pereți exteriori 8, 9, 10 și niște plăci de capăt 11 și 12, fixate de extremitățile țevilor interioare, să formeze două camere de aer D și E separate : una de intrare a aerului rece și cealaltă de ieșire a lui.

În partea superioară a aparatului, la camera de ieșire a aerului încălzit E se montează un compensator presetupă, obișnuit, așa cum se vede în figura 4, unde o garnitură de

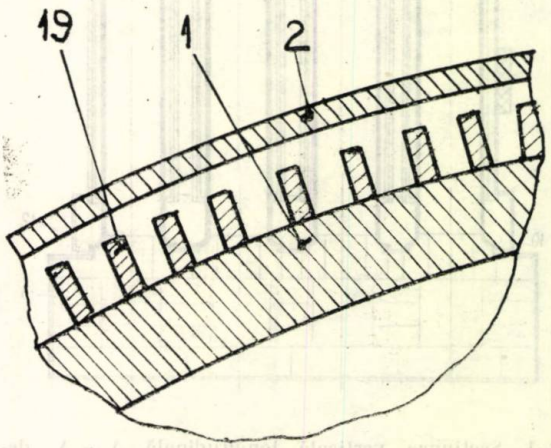


Fig. 5. Detaliu de prindere a nervurilor longitudinale.

marsit 13 este presată într-un locaș alcătuit din niște repere 14 și 15, de un prag 16, prin strîngerea cu șurub și piuliță a două flanșe 17 și 18. Pe suprafața exterioară a tuburilor 1 interioare este prevăzut un număr mare de aripioare — renuri — 19, în formă de zigzag sau drepte, fixate, de exemplu, prin sudură. Tuburile 1 și ramele 12 fiind foarte solicitate termic, se execută din oțel refractar sau inoxidabil, turnate sau sudate; restul construcției poate fi din oțel obișnuit. Pereții laterali ai recuperatorului se protejează cu o izolație termică 20.

Intrarea aerului rece în recuperator se realizează printr-un racord 21, iar ieșirea lui printr-un alt racord 22.

Prin canalele **a** gazele arse ies din cuptor și intră în recuperator, iar prin deschiderile **b** gazele arse ies din recuperator și pot fi introduse, de exemplu, într-un alt recuperator, convectiv, întrucît prezentul recuperator este indicat numai pentru recuperarea primară a căldurii.

Se recomandă ca racordurile la cuptoare să se execute în pereții posteriori ai cuptorului, sub boltă, atît pentru a se putea realiza orificii mari, cît și din cauza existenței, aici, a unei zone mai puțin solicitate termic.

La majoritatea cuptoarelor se poate monta un recuperator de căldură avînd 2 ... 4 tuburi recuperatoare, iar la canalele subterane, bancurile de probe pentru motoare și cuptoarele de topire a metalelor se recomandă să se utilizeze numai cîte un tub recuperator.

Recuperatorul de căldură, conform invenției, prezintă următoarele avantaje principale:

— permite o intensificare a schimbului de căldură;

— permite utilizarea unui compensator cu presetupă obișnuită;

— crește durata de funcționare a recuperatorului.

Cronică

Al III-lea Simpozion Național al Rețelelor Electrice

—Timișoara, 1984—

În zilele de 25—26 octombrie 1984 a avut loc la Timișoara al III-lea Simpozion Național al Rețelelor Electrice, organizat de CIRE, CNIT-Secția Energetică și Comitetul Național Român al CIGRE.

Lucrările acestei manifestări tehnico-științifice de prestigiu s-au desfășurat prin prisma sarcinilor importante care revin energeticienilor din Proiectul de Directive ale celui de al XIII-lea Congres al P.C.R., accentul punîndu-se în mod deosebit asupra funcționării sigure și economice a SEN și utilizării raționale a energiei electrice în toate sectoarele de activitate.

La lucrări au luat parte peste 250 specialiști care își desfășoară activitatea în domeniul rețelelor electrice, aparținînd unor institute și unități care au realizări notabile în domeniu, cum ar fi: institutele de învățămînt superior din Timișoara și București, ICEMENERG, ISPE, Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică Electroputere Craiova, Institutul de Proiectări și Automatizări din București, TAGEM, liceele energetice de profil, Întreprinderile de Rețele Electrice, SCP—CIRE, DEN și M.E.E.

Lucrările s-au desfășurat în Aula Universității Timișcara și amfiteatrele Institutului Politehnic „Traian Vuia", în cadrul a trei secții și anume:

— Concepții noi privind dezvoltarea rețelelor electrice de transport și distribuție.

— Preocupări pe linia exploatării și reparării rețelelor electrice, a automatizărilor, protecțiilor și instalațiilor de transmisie.

— Soluții de economisire a energiei electrice în rețelele de transport, distribuție și la consumatori.

Problematica pusă în dezbatere fiind deosebit de actuală a făcut ca participarea specialiștilor pe cele trei secții să fie sensibil echilibrată.

Pe parcursul celor două zile de desfășurare a lucrărilor SNRE, au fost prezentate (din cele 179 lucrări înscrise în program) 11 lucrări în plen și 76 la secții.

Dintre comunicările prezentate s-au bucurat de un interes deosebit cele cu privire la:

— strategia de dezvoltare a SEN;
— interconectarea la tensiunea de 750 kV a SEN al R.S.R.;
— optimizarea construcțiilor LEA și stațiilor de transformare;
— introducerea de noi automatizări în funcționare insulară;
— teleconducerea instalațiilor de repartiție și distribuție;
— determinarea pierderilor corona la LEA de 400 și 750 kV;
— coordonarea rezistenței mecanice la LEA;
— metode de combatere a fenomenului de galopare la LEA de 110 kV;
— criterii de siguranță a rețelelor de transport și distribuție;
— combaterea poluării instalațiilor electrice;
— influența cîmpului electric asupra mediului înconjurător;
— comportarea rețelelor de medie tensiune tratate prin rezistență;
— comportarea protecțiilor și rețelelor de transmisiuni;
— realizarea unor tehnologii și dispozitive de lucru în LEA și stații de transformare;
— randamentul obținut în transportul energiei pe LEA de înaltă tensiune;
— programul de calcul pentru determinarea circulației optime de puteri în sisteme electroenergetice complexe;
— influența factorilor meteorologici asupra consumului de energie electrică;
— reducerea consumului propriu tehnologic;
— modelele utilizate pentru facturarea energiei electrice;
— utilizarea unor surse neconvenționale de energie.

La această ediție au fost prezentate lucrări și s-au făcut intervenții valoroase, contribuind nu numai la o informare și un util schimb de opinii între specialiștii care lucrează în domeniul rețelelor electrice, ci și la selectarea, pentru aplicare în etapa actuală și de perspectivă, a unor noi soluții de proiectare și a unor tehnologii și metode avansate de lucru în construcția, exploatarea și repararea rețelelor electrice.

Dintre ideile valoroase care urmează să fie valorificate pe linie de proiectare și exploatare, menționăm următoarele :

— stabilirea, încă din faza de proiectare, a unor criterii suplimentare de siguranță a SEN, determinate de funcționarea interconectată a acestuia ;

— finalizarea asimilării în R.S.R. a unor elemente componente necesare în construcția stației și LEA de 750 kV ;

— necesitatea urgentării stabilirii probelor de la P.I.F. a stației și LEA de 750 kV, inclusiv a aparatajului utilizat pentru încercare ;

— conlucrarea între proiectanții rețelelor și cei de aparataj electric, avînd în vedere dezvoltarea în perspectivă a puterilor de scurtcircuit în SEN ;

— colaborarea proiectantului din faza de studiu cu organele de exploatare, în vederea stabilirii unor condiții optime pentru funcționarea insulară a SEN ;

— stabilirea unor soluții pentru deconectarea automată a bateriilor de condensatoare din stații pe o zonă de rețea cînd regimul de funcționare a SEN o impune ;

— amplasarea instalațiilor de înaltă și medie tensiune avînd în vedere și implicațiile acestora asupra mediului înconjurător ;

— utilizarea intensivă a capacităților existente în stații și linii de înaltă tensiune ;

— alegerea amplasamentului stațiilor de transformare astfel încît să se evite situarea acestuia în zona a IV-a de poluare ;

— definitivarea concluziilor în urma experimentării stațiilor de transformare cu echipament în SF_6 și efectuarea unei intervenții comune M.E.E.-MIMUEE pentru asimilarea în R.S.R. a gazului SF_6 ;

— stabilirea unor priorități privind exploatarea stațiilor de transformare prin sistem de teleconducere ;

— stabilirea volumului de informații care trebuie să existe la stații, dispecerul de întreprindere, dispecerul teritorial și național, în vederea tipizării stațiilor care vor fi exploatate prin sistem de teleconducere ;

— elaborarea unui program comun M.E.E.-MIMUEE pentru asimilarea unor aparate necesare implementării microprocesoarelor în stațiile electrice ;

— valorificarea rezultatelor obținute în standurile experimentale de la I.P. București și Semenic la proiectarea LEA de înaltă tensiune ;

— stabilirea unor programe pentru montarea rezistențelor de tratare a neutrului în stațiile de transformare între IRE care au în gestiune stațiile și cele care au în gestiune rețeaua de medie tensiune ;

— necesitatea experimentării pentru rețeaua de medie tensiune mixtă a tratării neutrului, folosind simultan bobina de stingere și rezistența ;

— realizarea simplificată a instalațiilor de legare la pămînt pentru rețeaua de medie tensiune în cablu din zone urbane, avînd în vedere coeficientul de echipotențializare existent în aceste cazuri ;

— folosirea unor scule și dispozitive din tehnologia de lucru sub tensiune și pentru cazul în care se lucrează fără tensiune ;

— implementarea generalizată a unor programe de calcul referitoare la : prevenirea fenomenului de galopare la LEA ; stabilirea unor scheme optime în SEN avînd în vedere reducerea consumului propriu tehnologic, concomitent cu creșterea siguranței în funcționare a acestuia ; determinarea bilanțurilor energetice, determinarea puterii optime a surselor reactive din posturile de transformare etc. ;

— necesitatea elaborării unui standard de calitate a energiei electrice ;

— realizarea unor programe interdepartamentale de producere și experimentare a unor echipamente noi, simple și economice, cum ar fi : separatoare de scurtcircuitare, separatoare de sarcină pentru exterior, sistem de transmitere a impulsurilor de teledeclanșare etc.

Dezbaterea în cadrul SNRE a realizărilor de vîrf obținute în domeniul rețelelor electrice din R.S.R. și pe plan mondial dau organizatorilor convingerea că prin valorificarea lucrărilor prezentate vor aduce o contribuție însemnată la realizarea într-un viitor apropiat a obiectivului trasat de conducerea de partid și de stat, independența energetică a României.

Actuala ediție a Simpozionului Național al Rețelelor Electrice s-a înscris în seria manifestărilor tehnico-științifice prilejuite de aniversarea a 100 ani de la introducerea în Timișoara — pentru prima dată în Europa — a iluminatului electric stradal.

Comitetul de organizare

СОДЕРЖАНИЕ

ДЖОРДЖЕ МАРИНЕСКУ: Влияние значения нормативного коэффициента на расход потребляемых ресурсов энергетических объектов 1—7

КОНСТАНТИН БУЗАТУ: Улучшение процесса проектирования режущих инструментов, с точки зрения минимального расхода электроэнергии в процессе обработки (с изложением на английском языке) 8—11

ЛИВЮ КАНЧУ, НИКОЛАЕ ОПРИШИУ, КОНСТАНТИН ЗАМФИР: Определение времени пуска в ход асинхронного трёхфазного двигателя, предусмотренного пусковым двухфазным автотрансформатором 11—13

ШЕРБАН КОТЕНЕСКУ: Возможности сбережения энергии, в результате исследований проведенных в электродуговой сталеплавильной печи 100 т, проектируемой работать в режиме ИНР (Ultra High Power) (с изложением на английском языке) 14—25

ГАБРИЕЛ РОМАШКУ, АНТОН РОШУ: Воздухоподогреватели со стеклянными трубами 25—32

КОРНЕЛЮ УНГУРЯНУ, ПАУЛ ДАН ОПРИША: Некоторые вопросы, связанные со сжиганием битуминозных сланцев бассейна Анина в сильно экранированных топках парогенераторов (с изложением на английском языке) 32—35

ЭУДЖЕНЮ ПАВЕЛ, ВИКТОР РОМЕРТ: Злободневные и перспективные вопросы румынской электроэнергетической системы 36—41

ИЗОБРЕТЕНИЯ — НОВАТОРСТВА 41—43

ХРОНИКА 43—44

INHALTSVERZEICHNIS

GEORGE MARINESCU: Der Einfluss der Grösse der Aktualisierungsrate auf den Gesamtverbrauch von Ressourcen in der Energiewirtschaft 1—7

CONSTANTIN BUZATU: Die Optimierung der Projektierung der Schneidewerkzeuge vom Gesichtspunkt des minimalen Elektroenergieverbrauchs (mit einer Kurzfassung in Englisch) 8—11

LIVIU CANCIU, NICOLAE OPRIŞIU, CONSTANTIN ZAMFIR: Die Bestimmung der Anfahrzeit eines mit einem biphasischen Antriebsspartransformator versehenem asynchronen Drehstrommotors 11—13

ŞERBAN COTENESCU: Energieeinsparungsmöglichkeiten als Forschungsergebnisse, bei einem für Hochlastbetrieb entworfenem 100 t Lichtbogenofen für Stähle (mit einer Kurzfassung in Englisch) 14—25

GABRIEL ROMAŞCU, ANTON ROŞU: Luftvorwärmer mit Glassrohren 25—32

CORNELIU UNGUREANU, PAUL DAN OPRIŞA: Einige Aspekte der Verbrennung der Ölschiefer aus Anina in den stark abgeschirmten Feuerräumen der Dampferzeuger (mit einer Kurzfassung in Englisch) 32—35

EUGENIU PAVEL, VICTOR ROMERT: Aktuelle Fragen und Ausblicke des rumänischen Elektroenergiesystems 36—41

ERFINDUNGEN-ERNEUERUNGEN 41—43

CHRONIK 43—44

SOMMAIRES

GEORGE MARINESCU: L'influence de la grandeur du taux d'actualisation sur la consommation totale de ressources des objectifs énergétiques 1—7

CONSTANTIN BUZATU: Optimisation de la conception des outils à découper du point de vue du minimum de la consommation d'énergie électrique (résumé en anglais) 8—11

LIVIU CANCIU, NICOLAE OPRIŞIU, CONSTANTIN ZAMFIRA: Détermination du temps de démarrage d'une commande à moteur asynchrone triphasé muni d'un autotransformateur biphasé de démarrage 11—13

ŞERBAN COTENESCU: Possibilités d'économisation del'énergie qui résultent de la recherche sur un four électrique à arc de 100 t pour la production des aciers, projetè à fonctionner en régime UHP (résumé en anglais) 14—25

GABRIEL ROMAŞCU, ANTON ROŞU: Réchauffeurs d'air à tuyaux en verre 25—32

CORNELIU UNGUREANU, PAUL DAN OPRIȘA : Quelques aspects de la combustion du schiste bitumineux d'Anine dans les foyers puissament écrannés des générateurs de vapeur (résumé en anglais) 32—35

EUGENIU PAVEL, VICTOR ROMERT : Problèmes actuels et de perspective du système électroénergétique de la Roumanie 36—41

INVENTIONS-INNOVATIONS 41—43

CHRONIQUE 43—44

SUMMARIES

DC : 621.311 : 66.012.3

GEORGE MARINESCU : Influence of the Up-dating Rate on the Overall Ressources Consumption of the Power Objectives

The paper underlines the influence of the value of the up-dating rate on the overall consumption of ressources at the implementation and operation of power objectives.

The up-dating of expenses will be in the future an efficient means to stress the influence of the time-factor on the economical efficiency of the power objective, although the overall consumption of ressources adopted by the criterion "overall up-dated expenses" is higher than that one of the solutions adopted on the criterion" overall not up-dated expenses".

The value of the up-dating rate strongly influences the choice of solutions, i.e. the high values are selecting the solutions which have small investment expenses and higher annual production expenses as compared to the solutions with smaller values of the up-dating rates.

The paper indicates the way in which, by means of the elaborated calculation model, the consumption of technological solutions can be adopted only by diminishing the up-dating rate.

Hence, it can be concluded, that there is a correspondence between the technological degree and the value of the up-dating rate and that the latter is to be steadily diminished alongside with the improvement of the equipment employed.

[Energetica 33 (1985), nr. 1, p. 1—7]

DC : 621 9 : 66.012.3

CONSTANTIN BUZATU : The Improvement of the Cutting Tools Design in Proccessing from the Point of View of the Minimum Consumption of Electric Power (with a short presentation in English)

The paper presents a series of theoretical considerations concerning the improvement of the constructive geometrical parameters of the lathe cutters with a view of decreasing the electric power consumption during chipping.

[Energetica 33 (1985), nr. 1, p. 8—11]

DC : 621.313.333 : 621.314.223

LIVIU CANCIU, NICOLAE OPRIȘIU, CONSTANTIN ZAMFIRA : Determining the Starting Time of an Asynchronous Triphase Motor Equipped with a Biphasic Autotransformer Starter

A methodology for determining currents and voltages in the starting scheme with biphasic autotransformer of an asynchronous triphasic motor and a method for determining the starting time by integrating the movement equation step by step are presented.

[Energetica 33 (1985), nr. 1, p.11—13]

DC : 621.365.2 : 66.012.3.

ȘERBAN COTENESCU : Energy Saving Possibilities, as Research Results, for a 100 t Capacity Electric Arc Furnace for UHP Operation (with a short presentation in English)

The paper presents the method applied by the author to determine the reactance of the real working characteristics of a 100 t arc-type furnace for steel processing and to calculate five variants of metal-charge smelting in an actual installation.

Out of the behaviour of a furnace operation, smelting has been selected as, from the power consumption point of view, that is the most important process ; up to 70 — 90 pct. of the absorbed power is consumed on metal-charge smelting.

In all the five variants, by applying higher powers than those applied in practice, according to the analysis of the real characteristics curves, a 21.5 ÷ 27.7 pct. reduction of the smelting interval has been obtained ; in two cases, 2.6 ÷ 3.1 pct. energy savings have been achieved, representing, in absolute values, 1.88 ÷ 2.25 mill kWh/t/furnace.

In calculating energy savings, the author only has taken into consideration loss reductions resulted from shortening the dissipation loss interval, as compared to increased energy losses resulting from the adoption of higher current values than those applied to an operation according to the mean real energy balance.

The calculated sequences for each variant may be applied both to the "manual" operation — power tape switched from the control desk — and, particularly, to the automatic operation with a process computer automatically switches the tape when the consumed energy reaches the programmed quantity.

The author advances an "operative" method of analysing the 100 t arc-type furnace operation. The method appears instrumental in determining the performances of similar installations when measurements by laboratory instrumentation take time and/or metal bath carburizing at short-circuit tests is to be avoided.

[Energetica 33 (1985), nr. 1, p. 14—25]

DC : 621.187 : 662.613.5 : 66.12

GABRIEL ROMAȘCU, ANTON ROȘU : Air Preheaters with Glasstubes

For the recovery of larger amounts of residual heat from steam boiler flue gases, it is necessar to place the heat exchanger surfaces in areas exposed to acid corrosion and fouling occuring during the burning of high sulphurous content fuel.

The use of corrosion resistant materials (glass, ceramics etc.) diminisches the intensity of the corrosion process.

The paper presents the aspects connected to the uses of glass tubes in air preheaters as a solution for advanced residual heat recovery from flue gases.

[Energetica 33 (1985), nr. 1, p. 25—32]

DC : 621.313.12 : 662.61

CORNELIU UNGUREANU, PAUL DAN OPRIȘA : Some Aspects of Anina Oil Shales in Highly Screened Steam Generators (with a short presentation in English)

The paper outlines some aspects regarding the ignition and burning stability of the Anina oil shale in the furnace of a strongly shielded steam boiler. Although a particular case is described this one perfectly ranges within the general frame of the effect of high coals quality variations on the boiler installations operation.

[Energetica 33 (1985), nr. 1, p. 32—35]

DC : 621.311.004.1

EUGENIU PAVEL, VICTOR ROMERT : Present and Future Problems of the Romanian Power System

After reviewing in a preceeding paper the main problems of the electric power system such as they result from the information presented by experts from several countries, the authors show in the present paper the actual situation in the Romanian power system endowment and some aspects of its development perspective are discussed as well, considering the operation experience and the energy outlook. The transition stage faced at present by the energy engineers caused mainly by the world energy crisis will close during the next ive-year-plan with the commissioning of the planned objectives, mainly of the first nuclear power plant units. The Romanian electric power system will have a more equilibrated structure, will be able to better face the possible incidents and will ensure the energy independence of Romania. The new situation as well as the operation experience obtained so far, impose a reviewing of the basic concepts and principles applied in the research, design and operation of the electric power system, mainly regarding the reliability. The modern engineering will require the large use of complex computer logics with analysis and control functions. These aspects have to be considered already, thus that the results should be obtained in due time based on a research program. The timely preparing of the electric power system operation for the future calls for the unifying of ideas and establishing the longterm tactics and strategy, in the first place.

[Energetica 33 (1985), nr. 1, p. 36—41]

INVENTIONS-INNOVATIONS 41—43

CHRONICS 43—44

ERATĂ

În revista Energetica nr. 10/1984, p. 443, col. 2, rîndul 19 de jos în sus s-a tipărit, datorită unei greșeli existente în manuscrisul autorului, „100 lei/kWh" în loc de „180 lei/MWh".

COLEGIUL DE REDACȚIE : dr. ing. **Călin Mihăileanu** (redactor responsabil), dr. ing. **Nicolae Armencoiu** (redactor responsabil adjunct), dr. ing. **Gheorghe Bălan** (redactor responsabil adjunct), dr. ing. **Eugeniu Pavel** (secretar de redacție).
MEMBRI : ing. **Paul Cartianu**, dr. ing. **Jean Constantinescu**, dr. ing. **Mario Duma**, dr. ing. **Alexandru Floreșcu**, ing. **Horia Furtunescu**, ing. **Nicolae Georgian**, ing. **Ban Iosifescu**, dr. ing. **Gheorghe Luca**, dr. ing. **George Manolescu**, dr. chim. **Maria Maftei**, ing. **Ion Măiereanu**, ing. **Nicolae Nicuiescu**, ing. **Mihai Nistor**, dr. ing. **Teodor Popa**, ing. **Miron Popescu**, dr. ing. **Victor Romert**, ing. **Romulus Sfichi**, ec. **Gheorghe Ursache**, ing. **Romeo Zbarcea**, dr. ing. **Costin Motoiu**, dr. ing. **Alexandru Selișchi**

Revista „Energetica" este editată și administrată de Institutul de Cercetări și Modernizări Energetice prin Oficiul de Informare Documentară pentru Energetică. **Vasile Pleșca** (șef OIDE), **Ana Maria Chivu** (redactor).

Revista Energetica este publicație lunară devotată preocupărilor spirituale și realizărilor materiale în domeniul energeticii.

În revista Energetica se publică :

Articole

Informații referitoare la : publicații recente (cărți, reviste), noutăți științifice și tehnice, invenții și inovații, experiență de exploatare, realizări tehnice remarcabile, manifestări tehnico-științifice naționale și internaționale (congrese, conferințe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse : cronici, recenzii, discuții la articole publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuțiilor în jurul meselor rotunde.

Instituțiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 — BN R.S.R. Fil. Sector 3. Costul unui abonament anual : 144 lei ; costul unui exemplar 12 lei.

41 401

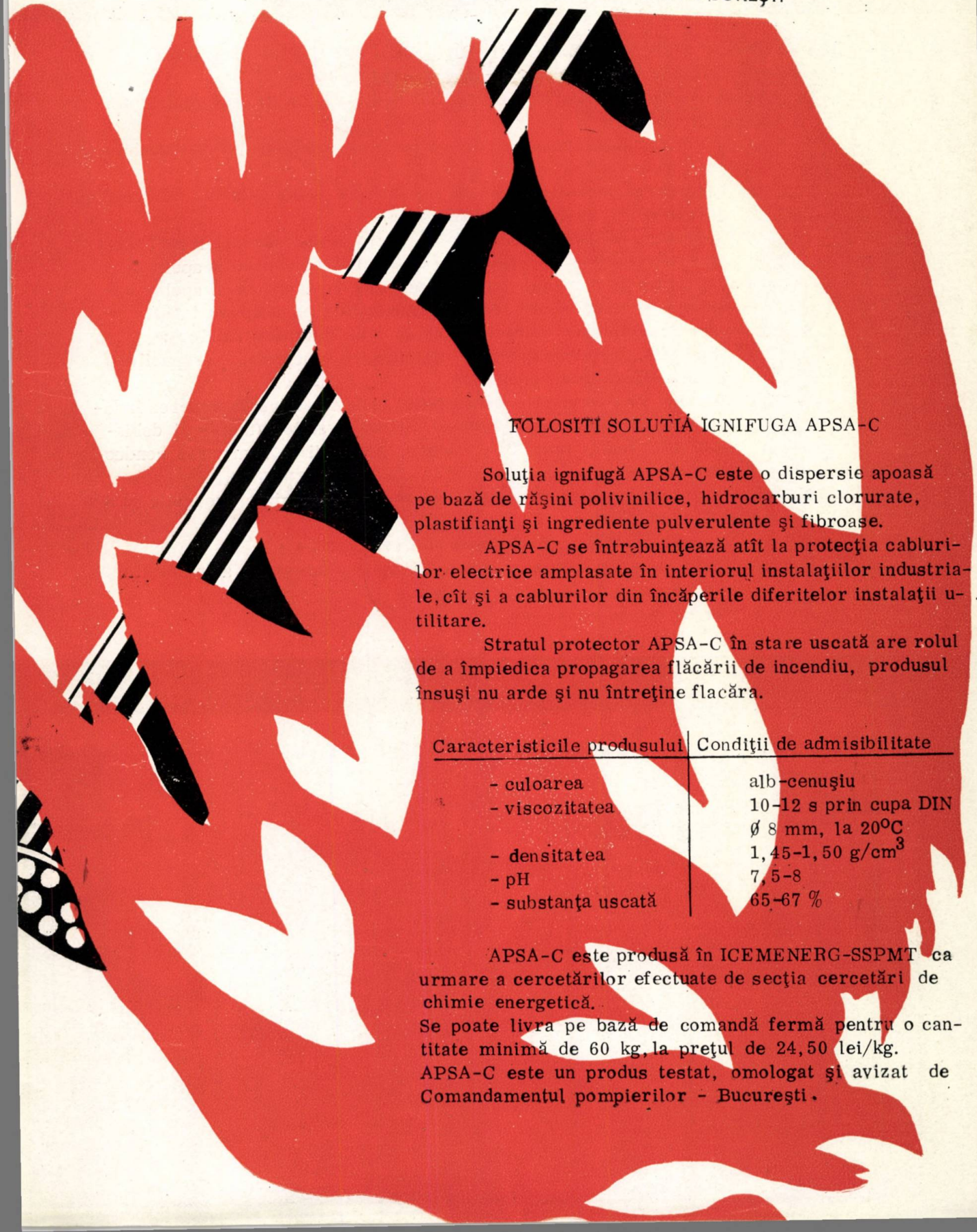
ANNOUNCEMENTS FOR READERS ABROAD

- **The review "Energetica" can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages**
- **The review "Energetica" proposes a publication exchange with similar reviews and in relating fields**
- **The review "Energetica" provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well**
- **The review "Energetica" publishes on request from authors abroad reports on energy or other materials : technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia, etc. written in one of the worldwide spoken languages**
- **Readers from abroad can subscribe through : ILEXIM, Departamentul Export-Import Presă, P.O.Box 136—137, telex 11226, București, Str. 30 Decembrie, nr. 3.**

Redacția și administrația : București 79619, Bd. Energeticienilor nr. 8, sect. 3
Telefon : 20.67.30, 21.46.30.
Tiparul : Întreprinderea Poligrafică „Informația", București, str. Brezoianu 23—25, c. 2728

INSTITUTUL DE CERCETĂRI ŞI MODERNIZĂRI ENERGETICE

ICEMENERG
Bd. ENERGETICIENILOR 8 ● SECTORUL III
79619 BUCUREŞTI ● Telefon : 214630 ; 206730
Telex : ICEMENERG 10783 ● CONT: 30.11.8.01.01
BNRSR Filiala Sector III BUCUREŞTI



FOLOSITI SOLUTIA IGNIFUGA APSA-C

Soluţia ignifugă APSA-C este o dispersie apoasă pe bază de răşini polivinilice, hidrocarburi clorurate, plastifianţi şi ingrediente pulverulente şi fibroase.

APSA-C se întrebuinţează atît la protecţia cablurilor electrice amplasate în interiorul instalaţiilor industriale, cît şi a cablurilor din încăperile diferitelor instalaţii utilitare.

Stratul protector APSA-C în stare uscată are rolul de a împiedica propagarea flăcării de incendiu, produsul însuşi nu arde şi nu întreţine flacăra.

Caracteristicile produsului	Condiţii de admisibilitate
- culoarea	alb-cenuşiu
- viscozitatea	10-12 s prin cupa DIN Ø 8 mm, la 20°C
- densitatea	1,45-1,50 g/cm^3
- pH	7,5-8
- substanţa uscată	65-67 %

APSA-C este produsă în ICEMENERG-SSPMT ca urmare a cercetărilor efectuate de secţia cercetări de chimie energetică.

Se poate livra pe bază de comandă fermă pentru o cantitate minimă de 60 kg, la preţul de 24,50 lei/kg.

APSA-C este un produs testat, omologat şi avizat de Comandamentul pompierilor - Bucureşti.

ICEMENERG

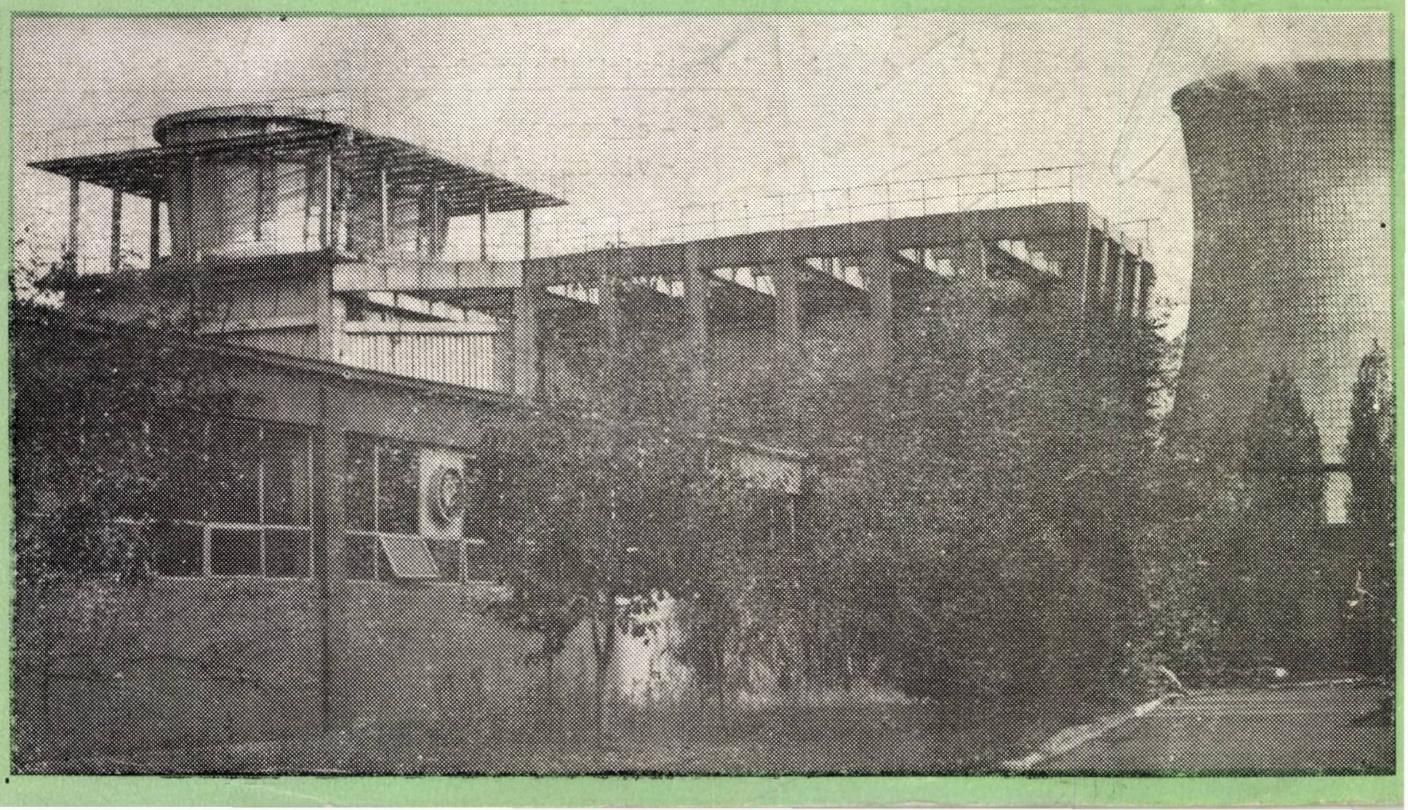
INSTITUTUL DE CERCETĂRI
ŞI MODERNIZĂRI ENERGETICE

BUCUREŞTI Sect. III ● B-dul ENERGETICIENILOR, 8 ● Tel. 21.46.30

1985 AUG 22

ICEMENERG, PRIN LABORATORUL DE CERCETARI HIDROENERGETICE realizează cercetări de laborator şi teren avînd ca scop :

- proiectarea şi exploatarea instalaţiilor componente ale circuitelor de răcire din CTE, CET şi CNE :
  - Stabilirea performanţelor şi optimizarea instalaţiilor componente ale circuitelor de răcire ;
  - Elaborarea metodologiilor de optimizare a exploatării circuitelor de răcire în condiţii de restricţii ;
  - Cercetări în domeniul instalaţiilor de răcire (turnuri, lacuri etc.) şi a instalaţiilor de captare, transport şi evacuare a apei.
  - Cercetări în domeniul poluării termice şi a utilizării apelor reziduale la menţinerea şenalelor navigabile pe timp de iarnă.
- exploatarea centralelor hidroelectrice şi microhidrocentralelor :
  - Stabilirea performanţelor şi optimizarea funcţionării grupurilor şi centralelor hidroelectrice ;
  - Sisteme de protecţie a centralelor hidroelectrice în vederea funcţionării cu siguranţă sporită a hidroagregatelor (instalaţii debitmetrice, reglaj funcţie de cădere, protecţii la spargerea conductei forţate) ;
- exploatarea şi gospodărirea apelor în benzile amenajate energetic şi a folosinţelor energetice :
  - Analize de bilanţ şi prognoze hidroenergetice ;
  - Studii de gospodărire a apelor şi de implementare a instalaţiilor debitmetrice la folosinţe energetice ;
  - Soluţii debitmetrice noi.



E 2039

R 1985

MW 2

100 de ani de energetică românească

Energia

REFERALVA

Cuprinsul

LUMINIȚA POPESCU, DUMITRU BÎCLEȘEANU, CONSTANTIN CAZACU, DORU STĂNCIULESCU, DAN CHIRIȚĂ: **Gama de cazane de abur și apă fierbinte echipate cu grătar cu împingere răsturnată. Încheierea acțiunii de omologare** *(cu prezentare în limba engleză)* 49

CONSTANTIN BRĂTIANU: **Modelarea cu elemente finite a unui cimp termic conductiv unidirecțional** *(cu prezentare în limba engleză)* 53

ALEXANDRU POEATĂ, GHEORGHE GEORGESCU, NINA POEATĂ, VIOLETA ȚĂRANU, NICOLAE SUFLEȚEL: **Posibilități de utilizare a graficelor tip de sarcină ale consumatorilor în studiile de dezvoltare și pentru exploatarea rațională a rețelelor electrice urbane** *(cu prezentare în limba engleză)* 60

VLADIMIR NICU: **Perioada optimă de funcționare a unui bloc energetic de mare putere între două revizii succesive** 64

PAVEL BUHUȘ, GHEORGHE COMĂNESCU: **Calculul „cheltuielilor totale actualizate" în două ipoteze de eșalonare în timp a cheltuielilor calendaristice** *(cu prezentare în limba engleză)* 67

ADRIEAN GORGAN: **Cercetări privind oportunitatea aprecierii conținutului de umiditate în izolația transformatoarelor de putere prin coeficientul de absorbție R_{60}/R_{15}** 72

APOLON MIHAILOVICI: **Unele situații de funcționare falsă a protecției homopolare de tensiune pe bara de 6 kV a unei hidrocentrale** 74

LIVIU LUP: **Strategia utilizării unor resurse alternative de energie: hidraulică și solară** 78

EMANOIL COCOȘ, HORIA MĂRIEȘ, MARIUS POPESCU: **Compensatoare statice rapide, mijloace eficiente de combatere a perturbațiilor produse de cuptoare electrice cu arc** 84

DE LA COMITETUL NAȚIONAL ROMÂN AL CONFERINȚEI MONDIALE A ENERGIEI 89

MANIFESTĂRI TEHNICO-ȘTIINȚIFICE INTERNAȚIONALE 89

RECENZII 90

VOLUMUL XXXIII
BUCUREȘTI
FEBRUARIE 1985

energetica

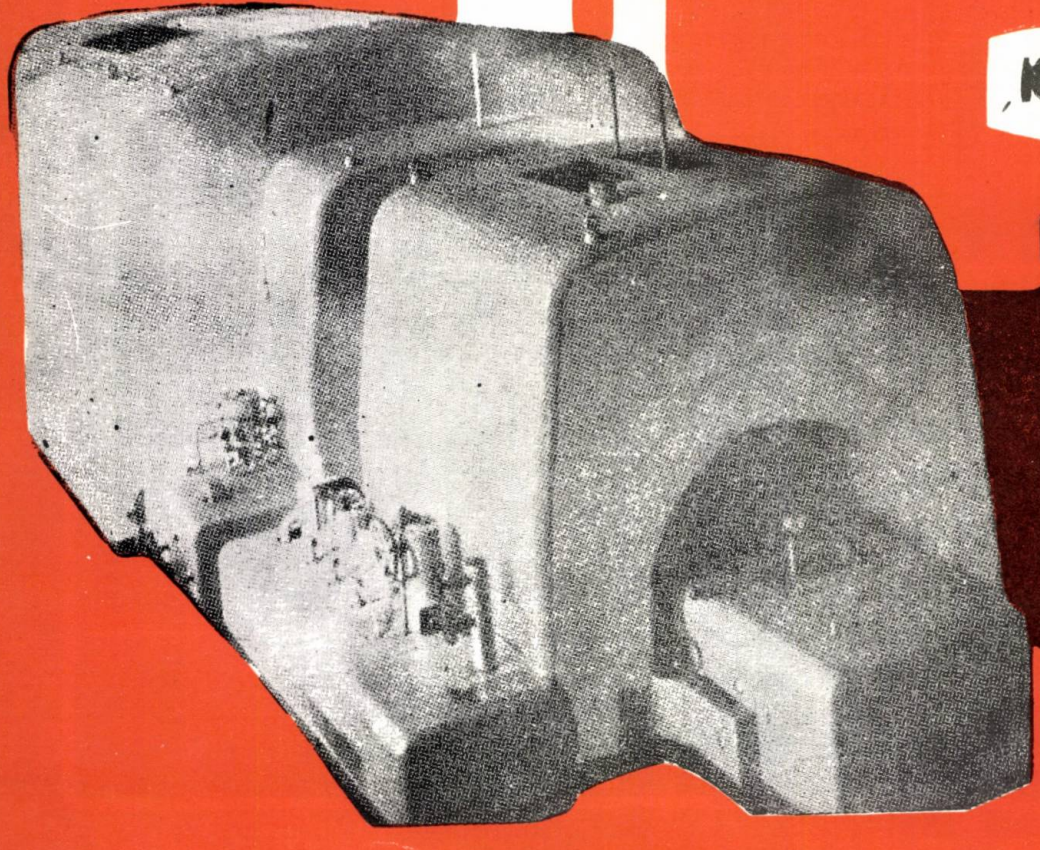
FOLOSIȚI COMPOUNDUL DE ETANȘARE PAV—H!

PAV—H este o pastă pe bază de poliester cu ingrediente fibroase.
PAV—H se utilizează la etanșarea scuturilor turbogeneratoarelor și a batiurilor turbinelor din centralele electrice.

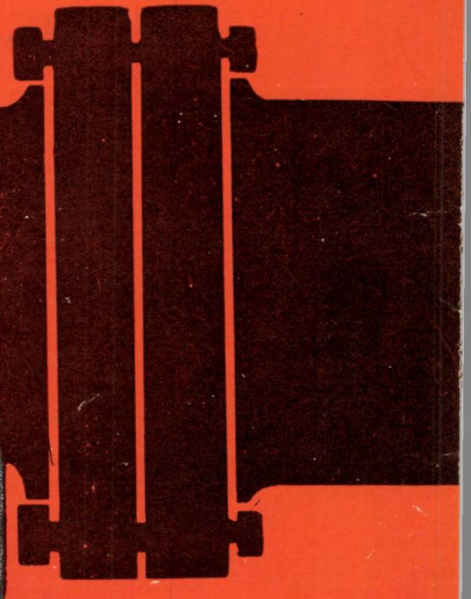
Caracteristici fizico-mecanice

Caracteristicile produsului	Condiții de admisibilitate
— Culoare	verde-negru
— Viscozitate	1322978 cP
— Densitate	1,50 g/cm^3
— Miros	caracteristic
— Solubilitate	produs petrolier, acetonă, toluen
— Consistență	271.10^{-1} mm
— Extrudabilitate	352 g/minut
— Aderență pe suprafață metalică	bună
— Rezistență la penetrație 5 atm	foarte bună
— Întărire în timp	nu se întărește
— Menținere în timp la contactul cu ulei, apă și produse petroliere	bună

PAV—H este un produs fabricat de ICEMENERG-SSPMT și se livrează pe bază de comandă fermă pentru o cantitate minimă de 5 kg la prețul de 71 lei/kg.
PAV—H a fost omologat, testat și verificat cu bune rezultate în instalațiile centralelor electrice.



ICEMENERG



ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

ANUL 33 Nr. 2 1985

Dezvoltarea producţiei de energie pe bază de combustibili solizi. Reducerea şi eliminarea consumurilor de hidrocarburi

Gama de cazane de abur şi apă fierbinte echipate cu grătar cu împingere răsturnată. Încheierea acţiunii de omologare

Ing. Luminiţa Popescu, ing. Dumitru Bicleşeanu, ing. Constantin Cazacu, ing. Doru Stănciulescu, ing. Dan Chiriţă*

Descriptori: cazan de abur, cazan de apă fierbinte, combustibil solid, ardere grătar cu împingere răsturnată, omologare

The Range of Steam and Hot Water Boilers Equipped with and Underfeed Grate. End of the Homologation

(Condensed from the paper in Romanian)

The technology of solid fuels bed combustion represents one of the first coal combustion methods used at the steam boiler furnaces.

The technical-economic limits of the constructive and functional solutions have restricted the scope of this method to the low and medium output boilers, the aggregate thermal capacity being mainly determined by the coal quality.

Romanian lignite belongs to the young brown coals category with a high ash content, with a sufficiently high ratio of humidity and volatiles.

Computing the ratio of the ash and coke quantities related to the dry mass, it has been ascertained that in the case of certain coal basins the ash quantity is 1.5 times greater than the coke quantity, while other coal basins are marked by a subunitary ratio.

This main characteristic of most of the Romanian lignites to contain after the humidity loss and the volatiles release more ash than fuel (coke) has an unfavourable influence on the combustion process.

After a great number of experiments carried out with a large range of lignites, it has resulted that for their combustion characteristics, the underfeed grate is the most suitable, as due to the reverse motion of the coal flow direction, a marked stir of the layer for the scale plates brake is assured as well as a recirculation from the layer bottom of certain incandescent particles, thus making up the heat supply necessary to the combustion process in order to maintain the temperature increase rate.

This combustion installation equips a large range of both hot water 1.16 MW (1Gcal/h) and 1.16 MW (10Gcal/h) boilers and steam boilers whose outputs vary between 0.55 kg/s (2 t/h) up to 2.77 kg/s (10 t/h). The heating value of the lignites varies from 8400 up to 12000 kJ/kg, the grain is 30... .80 mm, the humidity being limited to 45%.

The performances obtained at the boilers homologation have pointed out that the heating efficiencies vary from 74 to 82%, with heat losses as a consequence of the mechanical incomplete combustion varying from 7 up to 15%.

At present a great number of such installations are already adequately running, their operation being based on a varied range of lignites whose qualities are, in some cases, below the characteristics homologated.

To improve this range of boilers, an experimentation programme has been drawn up, which establishes the following stages:

—recirculation of some hot gases drawn from the draft chimney and their introduction under the grate in order to reduce the bed combustion temperature, so that the combustion development may not bring about slagging. At the same time the combustion gases introduction in zone I (airless), the temperatures being about 180°C will determine a better coal drying;

— low tolerances grate bars carrying out in order to prevent the dust drop through the bars, therefore the restrictions on the coal grain being less severe.

Tehnologia de ardere în strat a combustibililor solizi constituie unul din primele procedee de ardere a cărbunilor utilizate în focarele cazanelor de abur.

Limitările tehnico-economice ale soluţiilor constructive şi funcţionale au restrîns aria de utilizare a acestui procedeu la domeniul cazanelor de debit mic şi mijlociu, mărimea capacităţii termice a agregatului fiind determinată, în principal, de calitatea cărbunelui. Extinderea sorturilor de cărbune destinate arderii în strat pe grătarele cazanelor şi în special tendinţa folosirii unor combustibili de calitate inferioară, au generat o continuă perfecţionare a soluţiilor şi realizarea unei mari varietăţi de construcţii de grătare, scopul urmărit fiind îmbunătăţirea randamentului de ardere, mecanizarea principalelor funcţii ale grătarului şi adaptabilitatea construcţiei la o gamă cît mai largă de combustibili.

Situaţia energetică existentă în prezent, asigură, în general, condiţiile tehnice şi economice de dezvoltare, datorită asimilării în anii anteriori, a unor cazane pentru cărbune, fiind necesară însă intensificarea preocupărilor

* Ing. Luminiţa Popescu, ing. Dumitru Bicleşeanu, ing. Constantin Cazacu—ICSITEE, ing. Doru Stănciulescu, ing. Dan Chiriţă-IAMRCT.

în domeniul prelucrării cărbunilor destinați acestor agregate. Astfel, a fost dezvoltat tipul de grătar cu împingere răsturnată, care echipează o gamă de cazane de abur de la 0,55 kg/s (2 t/h) la 2,77 kg/s (10 t/h) și de apă caldă și fierbinte de la 1,16 MW (1Gcal/h) la 11,6 MW (10Gcal/h). Adoptarea acestui grătar pentru lignitii românești s-a făcut în baza unui program de experimentări efectuate pe o serie de tipuri de grătare care realizau condiții diferite de ardere și cu un număr important de sorturi de cărbune. Pentru capacități termice reduse a fost asimilată seria de cazane tip Metalica.

1. Particularitățile procesului de ardere în strat a lignitilor românești

Lignitul românesc poate fi încadrat în categoria cărbunilor bruni tineri cu un conținut ridicat de cenușă, un procent destul de ridicat de umiditate și o cantitate mare de materii volatile.

Calculînd raportul dintre cantitățile de cenușă și cocs (tabelul 1), raportate la masa uscată, se constată că pentru unele bazine carbonifere, cantitatea de cenușă este de peste 1,5 ori mai mare decît cea de cocs, iar pentru altele, raportul este subunitar.

Tabelul 1

Valorile raportului cenușă-cocs pentru principalele sorturi de lignit din țara noastră

Combustibil	Stare inițială		Stare anhidră			
	Cenușă [%]	Umiditate totală [%]	Cenușă [%]	Cocs [%]	Volatile [%]	Cenușă / Cocs
Rovinari	22,4	42,5	38,8	23,5	37,7	1,65
Filipeștii de Pădure	30,7	28,5	43,0	22,5	34,5	1,91
Căpeni	12,8	50,0	25,6	30,6	43,8	0,84
Voievozi	25,4	35,5	39,3	25,7	35,0	1,53
Schitu Goleşti	23,5	31,0	34,05	29,25	36,7	1,11
Motru	20,1	43,5	35,6	25,4	39,0	1,40
Ceptura	29,0	31,0	41,8	25,1	33,1	1,67

Această importantă caracteristică a majorității lignitilor românești de a conține, după pierderea umidității și degajarea materiilor volatile, mai multă cenușă decît material combustibil (cocs), are influență nefavorabilă în procesul de ardere.

Printr-o alegere corespunzătoare a funcțiilor grătarului, primele faze de ardere-uscare și degajare a materiilor volatile se realizează fără dificultăți importante, nivelul termic de 800 — 850°C putînd fi atins prin arderea materiilor volatile și a unei părți din reziduul carbonos.

În continuare, ridicarea temperaturii granulelor are loc numai prin reacția de ardere a cocsului. Degajarea de căldură rezultată se împarte în cedare de căldură către granulele învecinate, către curentul de aer și gaze, și în acumularea de căldură de către granulă. Se remarcă însă faptul că, în timp ce degajarea de căldură este proporțională cu masa de cocs din granulă, consumurile de căldură sînt proporționale cu masa întregii granule, inclusiv cenușa.

Se creează astfel posibilități mai reduse de acumulare de căldură de către granula cu conținut mai ridicat de cenușă, ce va avea astfel un gradient mai scăzut al creșterii temperaturii.

Acest fenomen nefavorabil este accentuat de condițiile de desfășurare a procesului de ardere, care se situează în zona de trecere de la domeniul cinetic la cel difuziv (700 ... 900°C) și în care viteza de ardere este puternic influențată de temperatură. Peste acest nivel termic, această influență este relativ scăzută și deci degajările de căldură devin suficiente pentru a acoperi toate cedările de căldură amintite.

Pentru lignitii din țara noastră cel mai indicat procedeu de ardere în strat este cu ajutorul grătarului cu împingere răsturnată, datorită posibilităților de spargere a plăcilor de zgură de răscolire a stratului, de unde împingerea unor cuiburi de cărbune aflate în faza de ardere în zone de cărbune aflate în faza de pregătire.

În afara acestor măsuri de organizare a focarului s-a considerat că pentru arderea corespunzătoare a lignitilor românești, grătarul cu împingere răsturnată este cel mai indicat, deoarece, prin mișcarea inversă sensului de înaintare imprimată granulelor de cărbune, se realizează și o recirculare a unor particule incandescente pe la baza stratului, contribuind astfel cu o parte din aportul de căldură necesar procesului de ardere. Acest tip de grătar are și alte caracteristici care îl recomandă pentru arderea rațională a lignitilor românești, în special prin funcția sa de răscolire a stratului de cărbune.

Încercările de a utiliza un procent mai ridicat de praf la grătarul cu împingere răsturnată au condus la creșterea importantă a nearselor în zgură, ca urmare a unei penetrații necorespunzătoare a aerului prin stratul de cărbune și condițiilor favorabile de înglobare a particulelor de cărbune în zgură. Cantitățile de căzătură printre barele de grătar s-au menținut la valori apropiate, deși procentul de praf a fost ridicat (fracția 0 ... 5 mm a fost de peste 50 %). În aceste condiții, pierderile de căldură prin arderea incompletă din punct

Tabelul 2

Denumirea	Cazane de apă fierbinte				Cazane de abur		
	GIR 1-AC	GIR 3-AF	GIR 5-AF	GIR 10-AF	GIR 2-AB	GIR 6,5-AB	GIR 10-AB
Debit nominal MW $\left[\frac{kg}{s}\right]$ / Gcal/h [t/h]	11,6 / 1	3,5 / 3	5,8 / 5	11,6 / 10	0,55 / 2	1,8 / 6,5	2,77 / 10
Temperatura fluidului [°C]	75 / 95	70 / 150	70 / 150	70 / 150	saturat	350	350
Presiunea fluidului $\left[\frac{min.}{bar}\right]$	2,5	9	10	10	8	15	15
Consum cărbune $\left[\frac{kg/s}{t/h}\right]$ (9207 kJ/kg — 2200 kcal/kg)	0,178 / 0,64	0,51 / 1,84	0,86 / 3,11	1,73 / 6,22	0,22 / 0,79	0,69 / 2,47	1,08 / 3,9
Randament garantat [%]	70	73	73	73	73	73	73
Temperatura gazelor de ardere la coș [°C]	235	230	250	220	200	214	250
Suprafața grătarului [m²]	3,35	8,56	10	20,23	4,35	10	12,8
Încărcarea termică a grătarului MW/m² / Gcal/(m²h)	0,49 / 0,42	0,55 / 0,473	0,797 / 0,684	0,787 / 0,676	0,466 / 0,40	0,63 / 0,54	0,78 / 0,67
Metal total cazan [kg]	6623	63950	79475	161892	47533	94896	127630
Durata maximă și minimă a unei curse [s]	100 / 25	100 / 25	100 / 25	100 / 25	75 / 25	100 / 25	100 / 25
Lungimea cursei barelor de grătar [mm]				240^{+20}_{-10}			

de vedere mecanic au fost foarte mari (peste 20 %), arderea s-a desfășurat instabil (participare neomogenă a aerului în procesul de ardere, formarea unui strat de granule fine la suprafața stratului, care „curge" de-a lungul grătarului, nefiind influențată de mișcarea barelor etc.). Aceste experimentări au întărit condițiile de restricție de granulație (recomandat fiind sortul 30 — 80 mm), cu subgranulația de maximum 15 %. Încercările efectuate cu grade diferite de răscolire a stratului, respectiv cu curse diferite ale barelor de grătar, au reliefat efectul favorabil al răscolirii stratului asupra intensității, stabilității și performanțelor procesului de ardere.

Rezultatele experimentărilor au stat la baza proiectării cazanelor industriale și de încălzire echipate cu grătar cu împingere răsturnată, care vor fi prezentate în continuare.

Caracteristicile principale ale acestor cazane sînt prezentate în tabelul 2, iar în tabelul 3 sînt înscrise o serie de rezultate de la încercările de omologare.

Tabelul 3

Denumirea	Cazane de apă fierbinte				Cazane de abur		
	GIR 1-AC	GIR 3-AF	GIR 5-AF	GIR 10-AF	GIR 2-AB	GIR 6,5-AB	GIR 10-AB
Sarcina cazanului MW [kg/s]	1,75	3,60	5,90	12,40	2,52	7,50	11,72
$\frac{Gcal}{h}$ [t/h]	1,15	3,10	5,07	10,70	2,17	6,47	10,10
Calitate combustibil bazin carbonifer	Voievozi	Motru	Motru Mehadia	Căpeni	Schitu Goleşti	Voievozi	Voievozi
Putere calorifică [kJ/kg]	8160	10400	9320	10600	8400	10730	11070
[kcal/kg]	1955	2482	2230	2538	2010	2595	2760
Umiditate [%]	28,45	46,3	28,2	42,7	30,7	33,9	35,3
Cenuşă [%]	34,9	7,8	32,6	9,8	31,2	21	15,9
Temperatură la coş [°C]	161	165	178	198	161	153	137
Exces de aer la coş	1,9	1,56	1,6	2,11	1,54	1,67	1,73
Pierderi de căldură prin ardere mecanic incompletă [%]	11,76	9,28	14,81	3,145	7,42	10,95	5,43
Pierderi de căldură prin ardere chimic incompletă [%]	0,57	1,92	1,52	0	1,3	0	0,51
Nearse în :							
— zgură [%]	8,2	0,3	11,23	1,2	5,8	13,4	5,2
— căzătură [%]	9,0	43,7	9,3	9,4	29,7	17,2	14,1
— cenuşă volantă [%]	7,7	8,2	9,3	13,5	11,1	16,2	12,3
Randament termic [%]	77,68	77,65	74,32	74,70	79,10	77,67	82,51

2. Concluzii

Pentru gama de cazane cu împingere răsturnată, tip GIR, se pot trage următoarele concluzii :

a. În urma unor experimentări desfăşurate pe un număr important de instalaţii s-a adoptat, pentru ligniţii româneşti, tipul de cazan echipat cu grătar cu împingere răsturnată — GIR.

b. Gama de cazane echipate cu GIR acoperă, prin parametrii săi, domeniul de debite mici şi mijlocii.

c. Cazanele echipate cu grătar cu împingere răsturnată necesită cărbuni cu puteri calorifice medii de 2200 kcal/kg şi granulaţie 30 — 80 mm. Cu scăderea puterii calorifice se constată o scădere a sarcinii termice cu pînă la 25 %, corespunzătoare unei puteri calorifice de 1700 kcal/kg, cu condiţia respectării granulaţiei 30 — 80 mm.

d. Pentru îmbunătăţirea acestei game de cazane, a fost elaborat un program de experimentări, care prevede următoarele etape :

— recircularea unei părţi din gazele de ardere prelevate de la coş şi introducerea lor sub grătar în scopul reducerii temperaturii de ardere în strat şi deci desfăşurării procesului de ardere fără tendinţă de zgurificare. În acelaşi timp, introducerea de gaze de ardere în zona întîi (fără aer), deci la temperaturi de circa 180°C, va determina o mai bună uscare a cărbunelui ;

— realizarea de bare de grătar cu toleranţe strînse, care să evite căderea măruntului printre bare, deci restricţii mai puţin strînse asupra granulaţiei cărbunelui.

(Primit la 18 iulie 1984, acceptat la 16 noiembrie 1984)

Modelarea cu elemente finite a unui cîmp termic conductiv unidirecțional

Dr. ing. Constantin Brătianu*

Finite Element Modelling of a Unidirectional Conduction Thermal Field

(Condensed from the paper in Romanian)

The purpose of this paper is to present a finite element model for the analysis of the conduction thermal fields developed in one dimensional geometries. Typical applications are dealing with heat transfer problems through the walls, nuclear fuel plates, along bars, electrical lines and thermal pipes. The finite element model presented herein is able to analyze only steady state thermal regimes. The finite element modelling of a time dependent thermal field will be presented in a future paper. Howe ver this problem has been solved and it is currently used by the author.

The analytical model for the thermal field is given by the equation

$$\lambda \frac{d^2T}{dx^2} + q_0 = 0, \text{ in } V \tag{1}$$

and two boundary conditions. For simplicity we shall consider two Dirichlet boundary conditions

$$T = T_0 \text{ for } x = 0 \tag{2}$$

$$T = T_\delta, \text{ for } x = \delta$$

where: T is the temperature function; λ — the thermal conductivity coefficient: q_0 — the volume density heat flux; δ — the wall thickness.

Solving the Eq. (1) and putting the boundary conditions (2) we get the analytical solution for a location x

$$T(x) = -\frac{q_0}{2\lambda} \cdot x^2 + \left(\frac{\delta q_0}{2\lambda} + \frac{T_\delta - T_0}{\delta} \right) \cdot x + T_0 \tag{5}$$

To get the numerical solution we have first to consider a certain discretization of the analysis domain, using one dimensional finite elements (see Figures 1 and A.1).

Let us consider now an approximation function taken on a finite element of the following form

$$\hat{T}(x) = a + bx \tag{7}$$

where a and b are coefficients which can be determined from the boundary conditions

$$T(x = x_i) = T_i = a + b \cdot x_i \tag{8}$$

$$T(x = x_j) = T_j = a + b \cdot x_j$$

Solving this system we get

$$a = \frac{T_i x_j - T_j x_i}{x_j - x_i}; \quad b = \frac{T_j - T_i}{x_j - x_i} \tag{9}$$

and Eq. (7) becomes

$$\hat{T}(x) = N_i(x) \cdot T_i + N_j(x) \cdot T_j \tag{10}$$

where

$$N_i(x) = \frac{x_j - x}{x_j - x_i}; \quad N_j(x) = \frac{x - x_i}{x_j - x_i} \tag{11}$$

are the *shape functions*.

Using Eq. (10) and the Galerkin method to transform the differential model (1) — (2) into an integral one (Eqs.(12) through (16)) we get the following elemental system of equations

$$\begin{bmatrix} \int_{Le} \lambda^e \frac{dN_i}{dx} \cdot \frac{dN_i}{dx}\, dx & \int_{Le} \lambda^e \frac{dN_i}{dx} \cdot \frac{dN_j}{dx}\, dx \\ \int_{Le} \lambda^e \frac{dN_j}{dx} \cdot \frac{dN_i}{dx}\, dx & \int_{Le} \lambda^e \frac{dN_j}{dx} \cdot \frac{dN_j}{dx}\, dx \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} T_i \\ T_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \int_{Le} N_i q_0^e\, dx + N_i q_i^e \\ \int_{Le} N_j q_0^e\, dx - N_j q_i^e \end{bmatrix} \tag{17}$$

which can be written symbolically

$$\underset{\sim}{A}^e \cdot \underset{\sim}{T}^e = \underset{\sim}{B}^e \tag{18}$$

where the matriceal coefficients are given by

$$A_{ij}^e = \int_{Le} \lambda^e \frac{dN_i}{dx} \frac{dN_j}{dx}\, dx \tag{19}$$

$$B_i^e = \int_{Le} N_i q_0^e\, dx + N_i q_i^e$$

Assembling all the finite elements over the entire domain we finally get the working equation system

$$\underset{\sim}{A} \cdot \underset{\sim}{T} = \underset{\sim}{B} \tag{20}$$

which is solved using a Gauss elimination procedure.

This finite element model is implemented on a computer and tested for several characteristic situations. Then, it can be used for more complex problems, like the composite walls, for which the analytical solutions are rather difficult to be used. A detailed example of a thermal field in a nuclear fuel element is presented in the Appendix.

* Dr. ing. Constantin Brătianu este șef lucrări la Catedra centrale electrice și energetică industrială — Institutul Politehnic București.

Introducere

Cîmpurile termice conductive sînt caracteristice mediilor solide sau fluide, ale căror particule au o viteză atît de mică încît fenomenele convective pot fi neglijate. Atunci cînd variaţia temperaturii într-o anumită direcţie este mult mai mare decît în celelalte două direcţii ale unui sistem de referinţă cartesian, aceste cîmpuri termice pot fi considerate unidirecţionale (de exemplu, cîmpul termic dintr-un perete plan sau cilindric, a cărui grosime este foarte mică în comparaţie cu celelalte două dimensiuni, sau cîmpul termic generat în bare şi cabluri conducătoare de energie electrică).

Modelarea analitică a acestor cîmpuri este relativ simplă şi oferă soluţii, atît pentru regimurile termice staţionare, cît şi tranzitorii. Interesul pentru modelarea numerică a lor provine din uşurinţa de analiză oferită de computer, în special pentru rezolvarea unor probleme de transfer termic în medii neomogene, sau în medii nelineare. Totodată, această analiză numerică unidimensională constituie un punct de trecere obligatoriu în dezvoltarea şi respectiv validarea modelelor numerice bi — şi tridimensionale.

Articolul de faţă prezintă modul de obţinere a unui model numeric cu elemente finite şi un exemplu de aplicare a acestui model la determinarea distribuţiei de temperaturi într-un element combustibil nuclear tip placă.

1. Formularea analitică a problemei

Să considerăm un domeniu de analiză V, reprezentînd o secţiune transversală într-un perete plan (fig. 1). Conductivitatea termică a materialului este λ, iar sursele termice q_0 existente în acest domeniu se consideră uniform distribuite şi constante în timp. Modelul analitic al cîmpului termic din acest perete, în regim staţionar, este dat de ecuaţia :

$$\lambda \frac{d^2T}{dx^2} + q_0 = 0 \text{ în } V \qquad (1)$$

şi o serie de condiţii la limită adecvate cazului considerat [1, 2]. Aceste condiţii pot fi de tip Dirichlet, Neumann sau mixte. În primul caz se specifică temperaturile pe ambele feţe ale peretelui ; în cel de-al doilea caz se specifică fluxurile termice, iar în ultimul caz se specifică temperaturile mediului ambiant. Pentru simplificare, să considerăm, în cele ce urmează, că se cunosc temperaturile pe ambele feţe ale peretelui, respectiv :

$$\begin{aligned} &- \text{pentru } x = 0,\ T = T_0 ; \\ &- \text{pentru } x = \delta,\ T = T_\delta. \end{aligned} \qquad (2)$$

Prin integrarea relaţiei (1) se obţine soluţia generală :

$$T(x) = -\frac{q_0}{2\lambda} \cdot x^2 + C_1 x + C_2, \qquad (3)$$

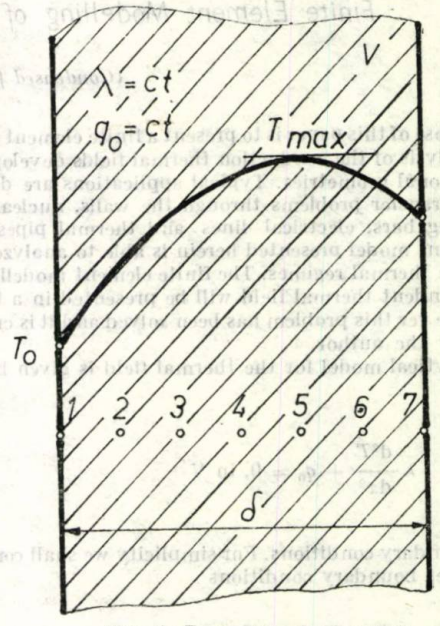


Fig. 1. Domeniu de analiză.

unde :
C_1 şi C_2 sînt constante de integrare. Explicitarea lor se face prin punerea condiţiilor la limită (2) :

$$C_1 = \frac{\delta q_0}{2\lambda} + \frac{T_\delta - T_0}{\delta} \ ; \ C_2 = T_0. \qquad (4)$$

Introducînd relaţiile (4) în soluţia generală (3) se obţine expresia distribuţiei de temperatură :

$$T(x) = -\frac{q_0}{2\lambda} x^2 + \left(\frac{\delta q_0}{2\lambda} + \frac{T_\delta - T_0}{\delta} \right) \cdot x + T_0. \qquad (5)$$

Se observă că în cazul unor condiţii la limită simetrice ($T_0 = T_\delta$), se obţine relaţia simplificată :

$$T(x) = -\frac{q_0}{2\lambda} \cdot x^2 + \frac{\delta q_0}{2\lambda} \cdot x + T_0. \qquad (6)$$

Cu ajutorul relaţiilor (5) şi respectiv (6) se pot obţine valorile cîmpului termic în orice punct al domeniului de analiză V.

Pentru cazul unor condiţii la limită de tip Neumann, sau mixte, expresia distribuţiei de temperatură are o structură ceva mai complexă. Această structură se complică şi mai mult în cazul unor medii neomogene sau cu proprietăţi termice nelineare. Rezolvarea unor astfel de

situații pe cale analitică se face de obicei în mod indirect, prin calculul fluxului termic unitar și respectiv prin folosirea unei valori medii pentru conductivitatea termică λ și deci linearizarea ecuației de bază a transferului de căldură conductiv [1, 2]. Eliminarea acestor dificultăți se poate face prin modelarea numerică a cîmpului termic conductiv și implementarea acestui model pe un computer.

2. Discretizarea domeniului de analiză

Metoda elementelor finite are la bază conceptul de aproximare prin discretizare [3]. Acest concept a fost folosit încă din antichitate la obținerea valorii numărului π, prin discretizarea ariei unui cerc de rază unitară în triunghiuri egale și calculul ariei acestora. Astfel, prin discretizarea acestei arii în 10 triunghiuri se obține valoarea de 2,939; atunci cînd se iau 50 de triunghiuri valoarea lui π devine 3,133, iar pentru discretizarea cercului în 100 de triunghiuri se obține $\pi = 3{,}14$.

În mod intuitiv, putem spune că discretizarea domeniului de analiză urmează aproape aceeași logică ca și în cazul măsurătorilor experimentale. Să considerăm, de exemplu, că vrem să obținem prin măsurători distribuția de temperatură în peretele din figura 1. Aceasta înseamnă că trebuie : a) să alegem numărul și poziția punctelor de măsură ; să alegem și să montăm aparatele de măsură ; c) să obținem valorile termice în punctele respective ; d) să alegem funcțiile de aproximare a temperaturii, în spațiul dintre două puncte consecutive de măsură (fig. 2*a*). Pentru exemplul considerat am ales un număr de 7 puncte de măsură și funcții de aproximare lineare pe intervalele dintre aceste puncte de măsură. Se poate observa ușor că linia poligonală obținută experimental se va apropia cu atît mai mult de distribuția reală a temperaturii în perete, cu cît numărul punctelor de măsură este mai mare.

În cazul modelării cu elemente finite începem în mod similar prin alegerea unui set de puncte în care să determinăm valorile cîmpului termic. Aceste puncte se numesc *noduri*, iar valorile termice caracteristice acestor puncte se numesc

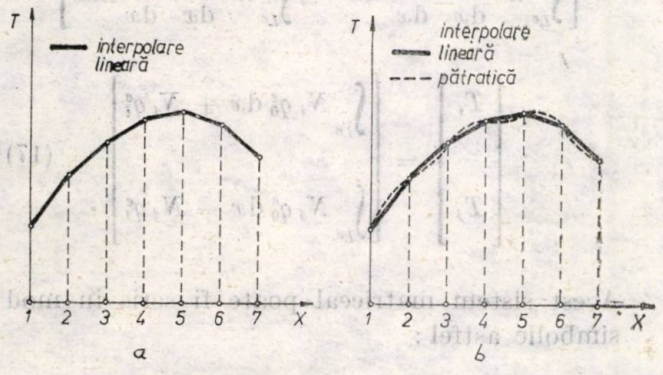


Fig. 2. Discretizarea domeniului de analiză.

valori nodale. Conectăm aceste noduri două cîte două, sau trei cîte trei (fig. 2*b*), formînd un ansamblu de subdomenii V^e ale domeniului de analiză dat. Aceste subdomenii se numesc *elemente finite*. Alegerea funcției de aproximare a temperaturii pe aceste subdomenii se face în mod asemănător cazului experimental : funcții lineare pentru considerarea a două noduri consecutive și funcții pătratice pentru considerarea interpolării pe baza a cîte trei valori nodale consecutive. Partea de măsurare este înlocuită în acest caz prin simularea fenomenului termic pe computer și obținerea valorilor nodale ca soluție a problemei. Această soluție va aproxima cu atît mai bine distribuția reală de temperatură cu cît numărul elementelor finite în care a fost discretizat domeniul de analiză este mai mare.

Să considerăm pentru exemplificare cazul elementelor finite lineare. Funcția de aproximare a temperaturii este de forma :

$$\hat{T}(x) = a + b \cdot x, \tag{7}$$

unde :
a și b sînt coeficienți care urmează a fi determinați din condiția ca la noduri $T(x) = \hat{T}(x)$, respectiv :

— pentru nodul i : $T_i = a + bx_i$;

— pentru nodul j : $T_j = a + bx_j$. (8)

Rezolvînd sistemul (8) se obține

$$a = \frac{T_i x_j - T_j x_i}{x_j - x_i} \; ; \quad b = \frac{T_j - T_i}{x_j - x_i}. \tag{9}$$

Introducînd expresiile (9) în (7) se obține forma generică a funcției de aproximare a temperaturii :

$$\hat{T}(x) = N_i(x) T_i + N_j(x) T_j, \tag{10}$$

unde :

$$N_i(x) = \frac{x_j - x}{x_j - x_i} \; ; \; N_j(x) = \frac{x - x_i}{x_j - x_i} \tag{11}$$

sînt *funcții de formă* ale elementului finit considerat. Denumirea le vine de la faptul că structura lor depinde de numărul nodurilor pe care le are un element finit, respectiv de forma lui geometrică [3]. Aceste funcții de formă au următoarele proprietăți :

a) au valoarea 1 în nodurile de definiție și valoarea 0 în celelalte noduri :

$$N_i(x = x_i) = \frac{x_j - x_i}{x_j - x_i} = 1 \; ;$$

$$N_i(x = x_j) = \frac{x_j - x_j}{x_j - x_j} = 0 \; ;$$

$$N_j(x = x_i) = \frac{x_i - x_i}{x_j - x_i} = 0\,;$$

$$N_j(x = x_j) = \frac{x_j - x_i}{x_j - x_i} = 1\,;$$

b) suma lor este egală cu 1 pe întreg subdomeniul de definiţie a lor :

$$N_i(x) + N_j(x) = \frac{x_j - x}{x_j - x_i} + \frac{x - x_i}{x_j - x_i} = 1.$$

O ilustrare grafică a acestor proprietăţi este dată în figura 3.

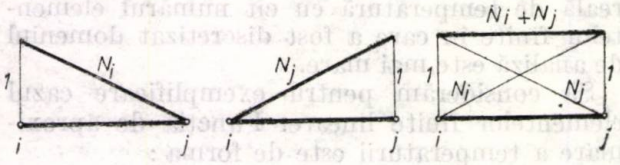


Fig. 3. Funcţii de formă.

3. Formularea numerică a problemei

Spre deosebire de formularea numerică cu diferenţe finite care porneşte direct de la modelul diferenţial (1)—(2), modelarea numerică cu elemente finite trebuie să aibă ca punct de plecare o formulare integrală. Această formulare se poate obţine folosind metoda variaţională sau una dintre metodele reziduurilor ponderate ([4—6]. Indiferent de metoda folosită rezultatul final este acelaşi.

În cele ce urmează prezentăm obţinerea modelului numeric cu elemente finite folosind varianta Galerkin a metodei reziduurilor ponderate. Introducînd funcţia de aproximare (10) în relaţia (1) scrisă la nivel elemental, aceasta nu mai este satisfăcută. Se obţine un reziduu R^e :

$$\lambda^e \frac{\mathrm{d}^2 \hat{T}}{\mathrm{d}x^2} + q_0^e = R^e, \tag{12}$$

care se anulează numai pentru cazul limită cînd $T(x) = \hat{T}(x)$. Integrînd acest reziduu pe subdomeniile V^e ale domeniului V, se pot găsi anumite funcţii de pondere H_i, astfel ca :

$$\sum_{e=1}^{n} \int_{Ve} H_i R^e \,\mathrm{d}V = 0. \tag{13}$$

În varianta Galerkin, aceste funcţii de pondere se consideră a fi chiar funcţiile de formă. Se obţine astfel sistemul de ecuaţii elementale :

$$\int_{Ve} N_i \left(\lambda^e \frac{\mathrm{d}^2 \hat{T}}{\mathrm{d}x^2} + q_0^e \right) \mathrm{d}V = 0\,;$$

$$\int_{Ve} N_j \left(\lambda^e \frac{\mathrm{d}^2 \hat{T}}{\mathrm{d}x^2} + q_0^e \right) \mathrm{d}V = 0. \tag{14}$$

Dacă se consideră secţiunea unui element finit ca fiind constantă şi egală cu unitatea, atunci se poate scrie :

$$\int_{Le} N_i \left(\lambda^e \frac{\mathrm{d}^2 \hat{T}}{\mathrm{d}x^2} + q_0^e \right) \mathrm{d}x = 0$$

$$\int_{Le} N_j \left(\lambda^e \frac{\mathrm{d}^2 \hat{T}}{\mathrm{d}x^2} + q_0^e \right) \mathrm{d}x = 0 \tag{15}$$

unde s-a notat cu L^e lungimea unui element finit. Folosirea indicelui superior e se face pentru a sublinia faptul că proprietăţile mediului λ şi q_0 pot avea valori diferite de la element la element.

Observînd că :

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}x}\left(\lambda^e N_i \frac{\mathrm{d}^2 \hat{T}}{\mathrm{d}x^2} \right) = \lambda^e \frac{\mathrm{d}N_i}{\mathrm{d}x} \cdot \frac{\mathrm{d}\hat{T}}{\mathrm{d}x} + \lambda^e N_i \frac{\mathrm{d}^2 \hat{T}}{\mathrm{d}x^2}$$

şi folosind legea lui Fourier pentru fluxul termic, se obţine :

$$\int_{Le} \lambda^e \frac{\mathrm{d}N_i}{\mathrm{d}x} \cdot \frac{\mathrm{d}\hat{T}}{\mathrm{d}x} \,\mathrm{d}x = \int_{Le} N_i q_0^e \mathrm{d}x + N_i q_i^e\,;$$

$$\int_{Le} \lambda^e \frac{\mathrm{d}N_j}{\mathrm{d}x} \cdot \frac{\mathrm{d}\hat{T}}{\mathrm{d}x} \mathrm{d}x = \int_{Le} N_j q_0^e \mathrm{d}x - N_j q_j^e. \tag{16}$$

Introducînd expresia (10) în ecuaţiile (16) şi rearanjînd termenii se obţine ecuaţia matriceală a modelului *elemental* pentru cîmpul termic considerat :

$$\begin{bmatrix} \int_{Le} \lambda^e \frac{\mathrm{d}N_i}{\mathrm{d}x} \cdot \frac{\mathrm{d}N_i}{\mathrm{d}x} \mathrm{d}x & \int_{Le} \lambda^e \frac{\mathrm{d}N_i}{\mathrm{d}x} \frac{\mathrm{d}N_j}{\mathrm{d}x} \mathrm{d}x \\ \int_{Le} \lambda^e \frac{\mathrm{d}N_j}{\mathrm{d}x} \frac{\mathrm{d}N_i}{\mathrm{d}x} \mathrm{d}x & \int_{Le} \lambda^e \frac{\mathrm{d}N_j}{\mathrm{d}x} \frac{\mathrm{d}N_j}{\mathrm{d}x} \mathrm{d}x \end{bmatrix} \cdot$$

$$\cdot \begin{bmatrix} T_i \\ T_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \int_{Le} N_i q_0^e \,\mathrm{d}x + N_i q_i^e \\ \int_{Le} N_j q_0^e \,\mathrm{d}x - N_j q_j^e \end{bmatrix}. \tag{17}$$

Acest sistem matriceal poate fi scris în mod simbolic astfel :

$$\underset{\sim}{A^e}\, \underset{\sim}{T^e} = \underset{\sim}{B^e}, \tag{18}$$

unde coeficienţii matriceali sînt daţi prin expresiile :

$$A_{ij}^e = \int_{L^e} \lambda^e \frac{dN_i}{dx} \frac{dN_j}{dx} dx;$$

$$B_i^e = \int_{L^e} N_i q_0^e \, dx + N_i \, q_i^e. \tag{19}$$

Prin asamblarea acestor modele elementale pe întregul domeniul de analiză V considerat se obţine modelul numeric cu elemente finite al cîmpului termic dat :

$$\underset{\sim}{A} \; \underset{\sim}{T} = \underset{\sim}{B}, \tag{20}$$

unde coeficienţii matriceali sînt daţi prin expresiile :

$$A_{ij} = \sum_{e=1}^{n} A_{ij}^e; \quad B_i = \sum_{e=1}^{n} B_i^e. \tag{21}$$

Ecuaţia (20) se poate implementa pe un computer şi rezolva folosind una dintre metodele specifice analizei cu elemente finite, sau o metodă generală de rezolvare a sistemelor de ecuaţii lineare [7]. Se observă că, spre deosebire de modelul analitic (1)—(2), modelul numeric (18)—(19) poate admite şi medii neomogene, prin considerarea unor valori elementale pentru conductivitatea termică λ^e şi respectiv sursa interioară de căldură q_0^e. Pentru ilustrarea modului de aplicare al acestui model se prezintă în anexă un exemplu de calcul.

4. Concluzii

Modelarea numerică cu elemente finite are la bază conceptul de aproximare prin discretizare, concept aplicat în cazul de faţă la un domeniu de analiză unidimensional. Elementele finite constituie subdomenii de aproximare a temperaturii folosind un set de valori termice nodale şi un sistem complet de funcţii de formă. Modelul numeric cu elemente finite obţinut se rezolvă folosind metode specifice elementelor finite sau metode generale de rezolvare a sistemelor lineare de ecuaţii. Soluţia numerică obţinută aproximează cu atît mai bine cîmpul termic dat, cu cît domeniul de analiză se discretizează într-un număr mai mare de elemente finite.

ANEXĂ

Exemplul de calcul

Să se determine distribuţia de temperatură într-un element de combustibil nuclear tip placă, cu dimensiunile 1220 × 90 × 6 mm. Elementul este realizat din uraniu metalic cu îmbogăţirea de 1,5 %, conductivitatea termică λ=0,32 W/cm°C şi densitatea surselor de căldură, care se consideră uniform distribuite, $q_0 = 226$ W/cm³. Temperatura pe cele două feţe laterale ale plăcii este de 334°C.

Discretizăm domeniul de analiză în 6 elemente finite lineare, ca în figura A1. Coordonatele nodurilor sînt date în tabelul A1, iar

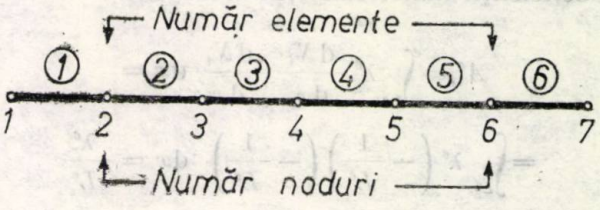


Fig. A1. Exemplu de discretizare.

modul de apartenenţă al nodurilor la elemente este prezentat în matricea de conexiuni din tabelul A2.

Tabelul A1

Coordonatele nodurilor

Nod	1	2	3	4	5	6	7
x (mm)	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6

Tabelul A2

Matricea de conexiuni

Element	Noduri	
	i	j
1	1	2
2	2	3
3	3	4
4	4	5
5	5	6
6	6	7

Ecuația matriceală elementală este dată de ecuația (18) :

$$\underset{\sim}{A}^e \underset{\sim}{T}^e = \underset{\sim}{B}^e,$$

unde :

$$A_{ij}^e = \int_{L^e} \lambda^e \frac{\mathrm{d}N_i}{\mathrm{d}x} \frac{\mathrm{d}N_j}{\mathrm{d}x} \mathrm{d}x;$$

$$B_i^e = \int_{L^e} N_i q_0^e \, \mathrm{d}x + N_i q_i^e.$$

Funcțiile de formă și derivatele lor sînt :

$$N_i(x) = \frac{x_j - x}{x_j - x_i}; \quad N_j(x) = \frac{x - x_i}{x_j - x_i}$$

$$\frac{\mathrm{d}N_i}{\mathrm{d}x} = -\frac{1}{x_j - x_i} = -\frac{1}{L^e};$$

$$\frac{\mathrm{d}N_i}{\mathrm{d}x} = \frac{1}{x_j - x_i} = \frac{1}{L^e}.$$

Coeficienții matriceali elementali sînt :

$$A_{ii}^e = \int_{L^e} \lambda^e \frac{\mathrm{d}N_i}{\mathrm{d}x} \frac{\mathrm{d}N_i}{\mathrm{d}x} \mathrm{d}x =$$

$$= \int_{L^e} \lambda^e \left(-\frac{1}{L^e}\right)\left(-\frac{1}{L^e}\right) \mathrm{d}x = \frac{\lambda^e}{L^e}$$

$$A_{jj}^e = \int_{L^e} \lambda^e \frac{\mathrm{d}N_j}{\mathrm{d}x} \frac{\mathrm{d}N_j}{\mathrm{d}x} \mathrm{d}x =$$

$$= \int_{L^e} \lambda^e \frac{1}{L^e} \cdot \frac{1}{L^e} \mathrm{d}x = \frac{\lambda^e}{L^e}$$

$$A_{ij}^e = \int_{L^e} \lambda^e \frac{\mathrm{d}N_i}{\mathrm{d}x} \frac{\mathrm{d}N_j}{\mathrm{d}x} \mathrm{d}x =$$

$$= \int_{L^e} \lambda^e \left(-\frac{1}{L^e}\right) \cdot \frac{1}{L^e} \mathrm{d}x = -\frac{\lambda^e}{L^e}$$

$$A_{ji}^e = A_{ij}^e = -\frac{\lambda^e}{L^e}$$

$$B_i^e = \int_{L^e} N_i q_0^e \, \mathrm{d}x + N_i q_i^e = q_0^e \int_{x_i}^{x_j} \frac{x_j - x}{x_j - x_i} \mathrm{d}x + q_i^e$$

$$B_i^e = \frac{1}{2} q_0^e L^e + q_i^e; \quad B_j^e = \frac{1}{2} q_0^e L^e - q_j^e$$

Deoarece mediul este omogen, iar discretizarea domeniului de analiză s-a făcut în subdomenii egale, se va renunța la indicele elemental e. Cu aceste modificări modelul elemental al cîmpului termic devine :

$$\begin{bmatrix} \frac{\lambda}{L} & -\frac{\lambda}{L} \\ -\frac{\lambda}{L} & \frac{\lambda}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_i \\ T_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} q_0 L + q_i \\ \frac{1}{2} q_0 L - q_j \end{bmatrix}$$

Etapa următoare este de asamblare a acestor modele elementale pentru obținerea sistemului de ecuații corespunzător întregului domeniu de analiză. Pentru ilustrarea acestui proces de asamblare vom considera modelele matriceale ale elementelor 2 și 3 în forma lor individuală și apoi integrată în sistemul global de ecuații.

Elementul 2

$$\begin{bmatrix} \frac{\lambda}{L} & -\frac{\lambda}{L} \\ -\frac{\lambda}{L} & \frac{\lambda}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_2 \\ T_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} q_0 L + q_2 \\ \frac{1}{2} q_0 L - q_3 \end{bmatrix}$$

Elementul 3

$$\begin{bmatrix} \frac{\lambda}{L} & -\frac{\lambda}{L} \\ -\frac{\lambda}{L} & \frac{\lambda}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_3 \\ T_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} q_0 L + q_3 \\ \frac{1}{2} q_0 L - q_4 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda/L & -\lambda/L & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\lambda/L & 2\lambda/L & -\lambda/L & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\lambda/L & \lambda/L & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \\ T_4 \\ T_5 \\ T_6 \\ T_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \\ \frac{1}{2} q_0 L + q_2 \\ q_0 L \\ \frac{1}{2} q_0 L + q_4 \\ \\ \\ \end{bmatrix}$$

Procedînd în mod similar cu fiecare element finit al domeniului de analiză considerat se obține sistemul matriceal global:

$$\begin{bmatrix} \lambda/L & -\lambda/L & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\lambda/L & 2\lambda/L & -\lambda/L & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\lambda/L & 2\lambda/L & -\lambda/L & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\lambda/L & 2\lambda/L & -\lambda/L & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\lambda/L & 2\lambda/L & -\lambda/L & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda/L & 2\lambda/L & -\lambda/L \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda/L & \lambda/L \end{bmatrix} \cdot$$

$$\cdot \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \\ T_4 \\ T_5 \\ T_6 \\ T_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} q_0 L + q_1 \\ q_0 L \\ q_0 L \\ q_0 L \\ q_0 L \\ q_0 L \\ \frac{1}{2} q_0 L - q_7 \end{bmatrix}$$

Introducînd datele problemei, acest sistem devine:

$$\begin{bmatrix} 3{,}2 & -3{,}2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -3{,}2 & 6{,}4 & -3{,}2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -3{,}2 & 6{,}4 & -3{,}2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -3{,}2 & 6{,}4 & -3{,}2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -3{,}2 & 6{,}4 & -3{,}2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -3{,}2 & 6{,}4 & -3{,}2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -3{,}2 & 3{,}2 \end{bmatrix} \cdot$$

$$\cdot \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \\ T_4 \\ T_5 \\ T_6 \\ T_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 11{,}3 \\ 22{,}6 \\ 22{,}6 \\ 22{,}6 \\ 22{,}6 \\ 22{,}6 \\ 11{,}3 \end{bmatrix}$$

Punerea condițiilor la limită transformă acest sistem astfel:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 6{,}4 & -3{,}2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -3{,}2 & 6{,}4 & -3{,}2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -3{,}2 & 6{,}4 & -3{,}2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -3{,}2 & 6{,}4 & -3{,}2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -3{,}2 & 6{,}4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot$$

$$\cdot \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \\ T_4 \\ T_5 \\ T_6 \\ T_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 334 \\ 1091{,}4 \\ 22{,}6 \\ 22{,}6 \\ 22{,}6 \\ 1091{,}4 \\ 334 \end{bmatrix}$$

Rezolvînd acest sistem de ecuații se obțin valorile nodale ale temperaturii. Aceste valori se folosesc apoi pentru determinarea temperaturii în orice alt punct al domeniului de analiză. De exemplu, temperatura în punctul de coordonată $x_k \in (x_i, x_j)$ este dată de:

$$\hat{T}(x_k) = N_i(x_k) \cdot T_i + N_j(x_k) \cdot T_j.$$

Rezultatele numerice obținute sînt trecute în tabelul A3 împreună cu valorile obținute

Tabelul A3

Rezultate numerice

Poziția x (mm)	Temperatura (°C)	
	Analitic	Numeric
0,00	334,00	334,00
0,05	343,71	342,83
0,10	351,66	351,67
0,15	357,84	356,97
0,20	362,25	362,27
0,25	364,89	364,04
0,30	365,78	365,80
0,35	364,89	364,04
0,40	362,25	362,27
0,45	357,84	356,97
0,50	351,66	351,67
0,55	343,71	342,83
0,60	334,00	334,00

pe cale analitică folosind relația (6). Se observă că valorile nodale sînt foarte aproape de cele calculate analitic, în timp ce valorile intermediare sînt mai depărtate. Mărind numărul de elemente finite în care discretizăm domeniul de analiză, se îmbunătățește și precizia soluției numerice.

Bibliografie

[1] Welty J. R., *Engineering heat transfer*, John Wiley & Sons, New York, 1978.

[2] Ștefănescu, D., Leca, A., Luca, L., Badea, A., Marinescu, M. *Transfer de căldură și masă. Teorie și aplicații*, EDP, București, 1983.

[3] Brătianu, C. *Metode cu elemente finite în dinamica fluidelor*, Editura Academiei R.S.R., București, 1983.

[4] Zienkiewicz, O. C. *The finite element method*, 3rd edition, McGraw-Hill Londra, 1977.

[5] Huebner, K. H. *The finite element method for engineers*, John Wiley & Sons, New York, 1975.

[6] Finlayson, B. A. *The method of weighted residuals and variational principles*, Academic Press, New York, 1972.

[7] Bathe, K. J., Wilson, E. L. *Numerical methods in finite element analysis*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New York, 1976.

(Primit la 16 ianuarie 1984, acceptat la 16 noiembrie 1984)

Posibilități de utilizare a graficelor tip de sarcină ale consumatorilor în studiile de dezvoltare și pentru exploatarea rațională a rețelelor electrice urbane

Dr. ing. Alexandru Poeată dr. ing. Gheorghe Georgescu, dr. ing. Nina Poeată, ing. V. Țăranu, ing. Nicolae Sufleţel*

Practibility of the Users Load Diagrams for the Development Studies and for the Urban Electrical Networks Rational Service

(Condensed from the paper in Romanian)

The continuous development of the city planning and, consequently the extension of the power distributions networks require the improvement of the methods intended for the networks development and the better operation in order to obtain high technico-economic indicators networks.

The power distributions networks have a great number of users (load points) even if we take into consideration only the transformer points level and the consumption regimes control in each mesh of such difficulties, the paper suggestes the transformer points loads simulation based on the supplied users typical diagrams.

By statistically processing a great number of recordings, the authors have established the load diagrams at the low tension bus-bars level of the transformer points which supply the domestic residential users during the four annual characteristic regimes : winter-working day, summer-working day, winter-rest day, summer rest day.

The active and reactive load daily diagrams on the transformer points low tension bus-bars in the characteristic annual regimes can be easily determinated, by adding some information from the network to the supplied users typical diagram. Function of the available information the mesh load diagram can be determined as follows :

a) The current I_k is known being measured on the transformer point low tension bus-bar, at the hour k, in a characteristic regime ; in this case the daily load diagrams in a given characteristic regime will be calculated as follows :

$$P_t = \sqrt{3}\, U_n\, I_k \cos\varphi\, T_k \frac{\overline{PT}_t^*}{\overline{PT}_k^*},$$

$$Q_t = \sqrt{3}\, U_n\, I_k \sqrt{1 - \cos^2\varphi\, T_k} \frac{\overline{QT}_t^*}{\overline{QT}_k^*}, \quad t = \overline{1,24}$$

where :

P_t, Q_t — are the active and the reactive power in the mesh at the hour t ;

$\overline{PT}_k^*$, $\overline{QT}_k^*$ — the active and the reactive power from the typical diagram at the hour k ;

$\cos\varphi T_k$ — the power factor from the typical diagram at the hour k ;

U_n — the rated voltage of the low tension network.

b) The energy W conveyed through the mesh in a 24 hour interval is known for a given characteristic regime ; for this situation the load diagrams determination will be performed according to the relations :

$$P_t = \frac{W}{24}\,\overline{PT}_t^*$$

$$Q_t = P_t \sqrt{\frac{1}{\cos^2\varphi\, T_t} - 1}, \quad t = \overline{1,24}$$

where :

$\overline{PT}_t^*$ and $\cos\varphi T_t$ — the active power, respectively $\cos\varphi$ from the typical diagram at the hour t.

c) If the information specified at the points a) and b) are not known, then we use the statistical mean values of the transformers load factors, at the daily mean load (KP, KQ) :

$$P_t = KP \cdot S_n \cdot \overline{PT}_t^*,$$

$$Q_t = KQ \cdot S_n \cdot \overline{QT}_t^*, \quad t = \overline{1,24}$$

where :

S_n is the transformer rated power the point is equipped with.

Based on the distribution networks mesh loads simulations method and using the same data library, the authors have established a packet of programs which allow the fast

* Dr. ing. Alexandru Poeată, dr. ing. Gheorghe Georgescu, dr. ing. Nina Poeată, ing. V. Țăranu — I. P. Iași, ing. Nicolae Sufleţel — IEIRIE DEET — Iași.

solution and with a high degree of accuracy of a great number of problems connected to the urban distribution networks best development and service. The packet of programs contains :

the REGIM program — to determine the power transfer and the load levels of the analysed network elements, in the characteristic regimes ; to estimate the power and energy losses per annual energy losses in different elements and parts of the equipment, to determine the transformers best operating plot as well as the supply plant best control law.

— the COMPD program — to determine the power and the condenser batteries best location.

— the DEBT program — to determine the network best cutting off points.

Considerații generale

Creșterea continuă a gradului de urbanizare și extinderea în consecință a rețelelor electrice de distribuție necesită perfecționarea metodelor de dezvoltare și exploatare a acestora, în vederea obținerii unor rețele cu indicatori tehnico-economici superiori. În esență, o rețea de distribuție urbană trebuie să asigure alimentarea cu energie electrică a consumatorilor deserviți, în așa fel încît indicatorii de calitate ai energiei livrate să se încadreze în limitele stabilite de normativele în vigoare, iar cheltuielile în rețea să fie minime.

În procesul de exploatare a rețelelor de distribuție urbane, pentru adoptarea măsurilor de reducere a pierderilor de energie, trebuie să se cunoască cu suficientă precizie nivelul acestor pierderi defalcat pe elemente de rețea (fideri, distribuitoare de medie tensiune, posturi de transformare, distribuitoare de joasă tensiune). Pe această bază, personalul de exploatare adoptă, după caz, una din măsurile cunoscute : debuclarea corespunzătoare a rețelei de medie și respectiv de joasă tensiune, compensarea sarcinilor reactive la nivelul barelor de joasă tensiune ale posturilor de transformare, adoptarea unor decizii de dezvoltare a rețelei etc. De asemenea, asigurarea nivelului prescris al tensiunii în diverse puncte ale rețelei, prin folosirea rațională a sistemelor de reglare a transformatoarelor din stația de alimentare și din posturile de transformare, duce atît la reducerea pierderilor de energie, cît și la ameliorarea calității energiei electrice livrate consumatorilor.

Este de remarcat că o serie de măsuri pentru ameliorarea indicatorilor tehnico-economici ai rețelelor de distribuție nu necesită investiții suplimentare, realizîndu-se numai prin adoptarea unor decizii corecte în procesul de exploatare, cum ar fi : alegerea corectă a ploturilor de funcționare pentru transformatoarele din stația de alimentare și din posturile de transformare, stabilirea punctelor optime de secționare a rețelei etc.

Pentru rețelele de distribuție urbane, metodele de calcul folosite curent la stabilirea pierderilor de energie, precum și a indicatorilor de calitate ai energiei sînt laborioase și insuficient de precise. Rețelele urbane au un număr mare de consumatori (noduri de sarcină), chiar dacă ne oprim la nivelul posturilor de transformare, urmărirea regimurilor de consum în fiecare nod al unei asemenea rețele fiind practic imposibilă. Această dificultate este înlăturată dacă în studiile de regim pentru aceste rețele, graficele de sarcină zilnice ale fiecărui nod în regimurile caracteristice (vară și iarnă, pentru zile lucrătoare și de repaus), se reconstituie pe baza graficelor tip de sarcină ale consumatorilor, după o metodologie ce se expune în continuare.

Graficele tip de sarcină se întocmesc, în cazul rețelelor urbane pentru grupe de consumatori casnici-edilitari, la nivelul firidelor sau posturilor de transformare, prin prelucrarea statistică a unui număr mare de grafice înregistrate și reprezintă variația probabilă a sarcinii pe un interval de 24 ore.

Odată stabilite variațiile în timp pentru sarcinile active și reactive în nodurile rețelelor (barele posturilor de transformare pentru rețelele de medie tensiune și firidele blocurilor de locuințe pentru rețelele de joasă tensiune), se pot determina cu precizie ridicată, folosind programe de calcul adecvate, principalii indicatori care caracterizează starea rețelelor în regimurile caracteristice (vară-iarnă, pentru zile lucrătoare și de repaus). Concret, pe baza acestor calcule, se pot determina pierderile de energie și gradul de încărcare al fiecărui element (fider, distribuitor, post de transformare), nivelul tensiunilor în noduri (apreciat după criteriile maximal și integral), puterile și amplasamentul optim al surselor de compensare a sarcinilor reactive, punctele optime de secționare a rețelei etc.

1. Întocmirea graficelor tip de sarcină pentru consumatorii casnici-edilitari

În vederea întocmirii graficelor tip de sarcină ale consumatorilor casnici-edilitari din țara noastră, autorii au efectuat un mare număr de măsurători în cîteva rețele urbane, în decurs de 4 ani [3, 4]. Măsurătorile au constat în ridicarea graficelor de sarcină activă și reactivă pe perioada de vară și iarnă, în zile lucrătoare și de repaus, în diferite puncte caracteristice ale rețelelor, și anume : barele de joasă tensiune ale posturilor de transformare, firidele blocurilor de locuințe, pe un interval de 24 ore. Graficele de sarcină înregistrate au fost prelucrate sub forma a 24 paliere, fiecare palier reprezentînd sarcina medie orară a graficului

înregistrat, raportată la sarcina medie zilnică a aceluiași grafic.

La stabilirea graficelor tip s-a plecat de la ipoteza că sarcinile din nodurile rețelelor de distribuție urbane, pentru diferite ore „t", constituie mărimi aleatoare, care respectă legea de distribuție normală. Pentru determinarea caracteristicilor probabile ale sarcinilor orare, în regimurile caracteristice (vară-iarnă, pentru zile lucrătoare și de repaus), folosind informații din diferite puncte ale rețelei, legea de distribuție a sarcinilor orare s-a scris sub forma:

$$\psi = \beta_1\psi_1 + \beta_2\psi_2 + \ldots + \beta_n\psi_n;\ \sum_{J=1}^{n}\beta_j = 1, \tag{1}$$

încît valoarea medie, iregularitatea și abaterea standard se determină cu relațiile:

$$\bar{C}_\psi = \int_{-\infty}^{+\infty} C(\beta_1\psi_1 + \beta_2\psi_2 + \ldots + \beta_n\Psi_n)\mathrm{d}C =$$

$$= \beta_1\bar{C}_1 + \beta_2\bar{C}_2 + \ldots + \beta_n\bar{C}_n = \sum_{J=1}^{n}\beta_j\bar{C}_j;$$

$$\overline{C_\psi^2} = \beta_1\overline{C_1^2} + \beta_2\overline{C_2^2} + \ldots + \beta_n\overline{C_n^2} = \sum_{J=1}^{n}\beta_j\overline{C_j^2}; \tag{2}$$

$$\tau(C)\psi = \sqrt{\sum_{J=1}^{n}\beta_j\overline{C_j^2} - \left(\sum_{J=1}^{n}\beta_j\bar{C}_j\right)^2}.$$

Prin prelucrarea statistică a graficelor de sarcină înregistrate în nodurile rețelelor de distribuție urbane (circa 1200 diagrame), cu ajutorul unui program de calcul întocmit pe baza metodologiei de mai sus, s-au determinat graficele tip de sarcină activă și reactivă, la nivelul firidelor și al barelor de joasă tensiune ale posturilor de transformare, care deservesc consumatori casnici-edilitari, în următoarele regimuri caracteristice: vară și iarnă, pentru zile lucrătoare și de repaus.

Pentru exemplificare, în figura 1, sînt prezentate graficele tip de sarcină activă rezultate pentru barele de joasă tensiune ale posturilor de transformare. Valorile medii și abaterile standard ale sarcinilor orare indicate în graficele tip sînt raportate la sarcina medie a graficelor de sarcină zilnice.

3. Modelarea graficelor de sarcină din nodurile rețelelor de distribuție

Graficele de sarcină activă și reactivă zilnice, din nodurile rețelelor de distribuție, în regimurile caracteristice, se modelează prin asocierea la graficele tip de sarcină ale consumatorilor alimentați, a unor informații culese din rețea, cum ar fi:

a) Curentul măsurat în nod, la o oră oarecare din zi; în acest caz, sarcina activă și respectiv reactivă, la ora „t" din graficele de sarcină zilnice ce se vor aloca nodurilor, se determină

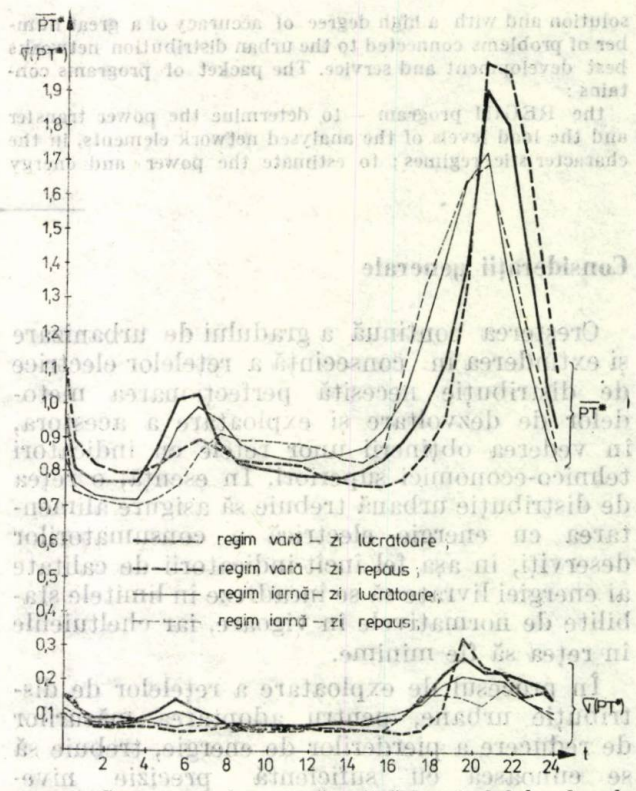


Fig. 1. Grafice tip de sarcină activă la nivelul barelor de joasă tensiune ale posturilor de transformare urbane care deservesc consumatori casnici-edilitari în regimurile caracteristice.

cu relațiile:

$$P_{n,j,t} = \sqrt{3}U_n I_{n,j,k}\cos\varphi T_{j,k}\frac{\overline{PT_{j,t}^*}}{\overline{PT_{j,k}^*}};$$

$$Q_{n,j,t} = \sqrt{3}\,U_n I_{n,j,k}\sqrt{1-\cos^2\varphi T_{j,k}}\,\frac{\overline{QT_{j,t}^*}}{\overline{QT_{j,k}^*}}, \tag{3}$$

în care:

$P_{n,j,t}$, $Q_{n,j,t}$ — sînt puterea activă și respectiv reactivă în nodul n, la ora t, în regimul j;

$I_{n,j,k}$ — curentul măsurat în nodul n, la ora k, în regimul j;

$\overline{PT_{j,k}^*}$, $\overline{PT_{j,t}^*}$, $\overline{QT_{j,k}^*}$, $\overline{QT_{j,t}^*}$ — valoarea medie a sarcinii active și reactive din graficele tip, corespunzătoare regimului j, la ora k și respectiv t;

$\cos\varphi T_{j,k}$ — valoarea factorului de putere corespunzătoare graficelor tip de sarcină activă și reactivă, în regimul j, la ora k;

U_n — tensiunea nominală a consumatorilor alimentați din nodul n.

b) Puterea activă măsurată în nod, la o oră oarecare din zi; sarcina la ora t a graficelor modelate, în acest caz, se determină cu relațiile:

$$P_{n,j,t} = P_{n,j,k}\frac{\overline{PT_{j,t}^*}}{\overline{PT_{j,k}^*}};$$

$$Q_{n,j,t} = P_{n,j,k} \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \varphi T_{j,k}} - 1} \frac{\overline{QT^*_{j,t}}}{\overline{QT^*_{j,k}}},$$

în care :

$P_{n,j,k}$ este puterea activă măsurată în nodul n, la ora k, în regimul j.

c) Energia vehiculată într-un interval de 24 ore prin nod ; în acest caz, sarcina activă și respectiv reactivă, la ora t din graficele de sarcină zilnice ce se vor aloca nodurilor, se determină cu relațiile :

$$P_{n,j,t} = \frac{W_{n,j}}{24} \overline{PT^*_{j,t}};$$

$$Q_{n,j,t} = P_{n,j,t} \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \varphi T_{j,t}} - 1}, \quad (5)$$

în care :

$W_{n,j}$ este energia activă vehiculată prin nodul n, într-un interval de 24 ore, în regimul j ;

$\cos \varphi T_{j,t}$ — valoarea factorului de putere corespunzătoare graficelor tip de sarcină activă și reactivă, în regimul j, la ora t.

d) Valoarea medie statistică a coeficienților de încărcare a transformatoarelor din posturile de transformare, la sarcina medie zilnică ; sarcina la ora t a graficelor modelate, în acest caz, se determină cu relațiile :

$$P_{n,j,t} = KP_j \cdot S_n \cdot \overline{PT^*_{j,t}};$$

$$Q_{n,j,t} = KQ_j \cdot S_n \cdot \overline{QT^*_{j,t}}, \quad (6)$$

în care :

KP_j, KQ_j reprezintă valoarea medie statistică a coeficienților de încărcare a transformatoarelor din posturile de transformare, la sarcina medie zilnică activă și respectiv reactivă, în regimul j ;

S_n — puterea nominală a transformatorului cu care este echipat postul de transformare din nodul n.

În vederea creșterii preciziei modelării graficelor de sarcină în nodurile rețelelor de distribuție prin metodele expuse sînt necesare corecții, în funcție de îndeplinirea balanței de puteri orare pe fiecare distribuitor. Pentru exemplificare, se consideră rețeaua de distribuție reprezentată în figura 2, și că fiecărui nod consumator din această rețea i s-a alocat un grafic de sarcină, obținut după una din metodele expuse. Pentru a se realiza balanța

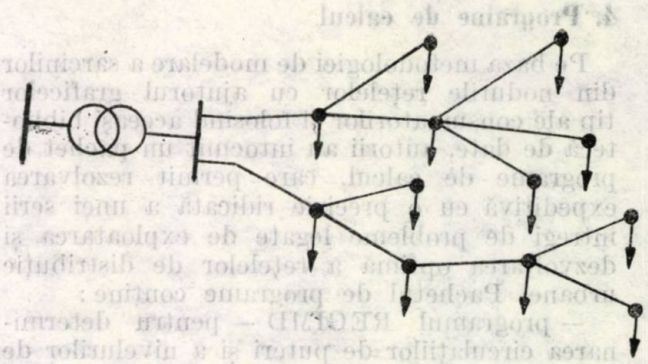


Fig. 2. Variația funcției $\Phi(\tau)$.

de puteri, trebuie ca pentru fiecare oră „t" să fie îndeplinite condițiile :

$$\gamma_P P_{j,t} - \sum_{n=1}^{m} P_{n,j,t} = 0,$$

$$\gamma_Q Q_{j,t} - \sum_{n=1}^{m} Q_{n,j,t} = 0, \quad (7)$$

în care :

γ_P, γ_Q sînt coeficienți care țin seama de pierderile de putere activă și respectiv reactivă în rețea ;

$P_{j,t}$ $Q_{j,t}$ — sarcina activă și respectiv reactivă vehiculată pe primul tronson al rețelei, la ora t, în regimul j ;

$P_{n,j,t}$, $Q_{n,j,t}$ — sarcina activă și respectiv reactivă corespunzătoare regimului j, în nodul n, la ora t, calculată prin una din metodele expuse ;

m — numărul total de noduri din rețea.

Condițiile (7), de regulă, nu se realizează direct și sînt necesare corecții :

$$\gamma_P P_{j,t} - \sum_{n=1}^{m} (P_{n,j,t} + \Delta P_{n,j,t}) = 0,$$

$$\gamma_Q Q_{j,t} - \sum_{n=1}^{m} (Q_{n,j,t} + \Delta Q_{n,j,t}) = 0, \quad (8)$$

în care :

$\Delta P_{n,j,t}$, $\Delta Q_{n,j,t}$ reprezintă corecția sarcinii active și respectiv reactive pentru regimul j, în nodul n, la ora t,.

Corecțiile $\Delta P_{n,j,t}$ și $\Delta Q_{n,j,t}$ se determină cu relațiile :

$$\Delta P_{n,j,t} = \frac{\left(\gamma_P P_{j,t} - \sum_{n=1}^{m} P_{n,j,t}\right) P_{n,j,t}}{\sum_{n=1}^{m} P_{n,j,t}}$$

$$\Delta Q_{n,j,t} = \frac{\left(\gamma_Q Q_{j,t} - \sum_{n=1}^{m} Q_{n,j,t}\right) Q_{n,j,t}}{\sum_{n=1}^{m} Q_{n,j,t}} \quad (9)$$

4. Programe de calcul

Pe baza metodologiei de modelare a sarcinilor din nodurile rețelelor cu ajutorul graficelor tip ale consumatorilor și folosind aceeași bibliotecă de date, autorii au întocmit un pachet de programe de calcul, care permit rezolvarea expeditivă cu o precizie ridicată a unei serii întregi de probleme legate de exploatarea și dezvoltarea optimă a rețelelor de distribuție urbane. Pachetul de programe conține:

— programul REGIMD — pentru determinarea circulațiilor de puteri și a nivelurilor de încărcare a elementelor din rețeaua analizată, în regimurile caracteristice (vară și iarnă, pentru zile lucrătoare și de repaus); pentru calculul pierderilor de putere și energie pe zile caracteristice și al pierderilor de energie anuale, în elemente sau părți de instalații; pentru determinarea plotului optim de funcționare a transformatoarelor din posturile de transformare, precum și a legii optime de reglaj al raportului de transformare pentru transformatoarele din stația de alimentare;

— programul COMPD — pentru determinarea puterii și amplasamentului optim al bateriilor de condensatoare;

— programul DEBD — pentru stabilirea punctelor optime de secționare a rețelei.

Programele de calcul întocmite au fost aplicate cu rezultate bune în cîteva rețele de distribuție urbane din țara noastră.

Concluzii

1. Utilizarea graficelor tip ale consumatorilor la modelarea sarcinilor din nodurile rețelelor de distribuție în cadrul studiilor de dezvoltare, precum și pentru exploatarea rațională a acestor rețele, conduce la creșterea preciziei rezultatelor și simplifică mult problema culegerii informațiilor.

2. Din literatura de specialitate [1, 2], precum și din observațiile autorilor [3, 4], rezultă că graficele tip de sarcină ale consumatorilor trebuie reconstituite periodic, la intervale de 5—6 ani.

3. Autorii consideră că extinderea utilizării acestor metode și programe de calcul la toate întreprinderile de rețele electrice, ar conduce la obținerea unor efecte tehnico-economice deosebite.

Bibliografie

[1] Codiasse, A. M., Guillevic, M., Giruad, D. *Connaissance des charges moyenne tension en vue de leur prise en compte dans les ètudes de planification. Revue générale de l'électricité*, nr. 7—8, 1982.

[2] Marcușevici, N. S. *Avtomatizirovanoe upravlenie rejimami elektrosetei 6—20 kV*. Energhiia, Moscova, 1980.

[3] Georgescu, Gh., Poeată, Al., Poeată, N. *Contribuții la modelarea sarcinilor electrice de distribuție urbane*. Bul. Instit. Polit. Iași, Tom XXIX, fasc. 1—2, 1983.

[4] Poeată, Al., Georgescu, Gh. *Noi posibilități de optimizare a exploatării și dezvoltării rețelelor de distribuție urbane*. Lucrările „Conferinței naționale de energetică", București, noiembrie, 1983.

[5] Pelissier, R. *Les réseaux d'energie électrique*. Tome 2, Dunod tehnique, Paris, 1973.

(Primit la 2 februarie 1984, acceptat 27 februarie 1984)

Reducerea consumurilor specifice și tehnologice de combustibili și energie electrică în centralele și rețelele electrice

Perioada optimă de funcționare a unui bloc energetic de mare putere între două revizii succesive

Ing. Vladimir Nicu*

De-a lungul unui interval de funcționare a unui bloc energetic de mare putere se produc, în general, înrăutățiri lente ale unor parametri de bază ai cazanului, turbogeneratorului și ciclului termic, dintre care:

η_{cz} — randamentul cazanului;

H_{ech} — destinderea echivalentă reală a aburului în turbină;

a — pierderile de apă — abur în circuitul termic, au ponderea cea mai însemnată.

Datorită acestor înrăutățiri, după scurgerea unui interval de timp τ, considerînd că parametrii de referință:

P_0 — sarcina electrică activă a blocului;

t_r — temperatura apei de răcire la intrare în condensator;

t_L — temperatura aerului primar la intrare în cazan;

λ_f — excesul de aer în focarul cazanului;

a_{pj} — purja cazanului,

* Ing. Vladimir Nicu — CET Brazi.

sînt tot timpul constanți, consumul orar de combustibil al blocului devine mai mare decît cel inițial, și anume :

$$B = B_0 + \Delta B, \tag{1}$$

în care :

B_0 este consumul orar de combustibil în condiții inițiale ;

ΔB — creșterea consumului orar de combustibil după timpul τ.

Admițînd că, într-un interval de timp dat, vitezele de scădere ale lui η_{cz} și H_{ech}, respectiv de creștere a lui a, sînt, practic, constante, devine posibilă evidențierea influenței acestora asupra consumului de combustibil al blocului prin funcții de timp, ale căror structuri reies din cele ce urmează :

$$\eta_{cz}\Big|_{\substack{t_L = \text{const}\\ \lambda_f = \text{const}}} = \eta^0_{cz} - \Delta\eta(\tau) \rightarrow \frac{1}{1 - \frac{1}{\eta^0_{cz}} \cdot \frac{\Delta\eta}{\Delta\tau} \cdot \tau} = \frac{1}{1 - \xi_c \cdot \tau}, \tag{2}$$

$$H_{ech}\Big|_{\substack{P_0 = \text{const}\\ t_r = \text{const}}} = H^0_{ech} - \Delta H(\tau) \rightarrow \frac{1}{1 - \frac{1}{H^0_{ech}} \cdot \frac{\Delta H}{\Delta\tau} \cdot \tau} = \frac{1}{1 - \xi_H \cdot \tau},$$

$$a\Big|_{a_{pj} = \text{const}} = a_0 + \Delta a(\tau) \rightarrow 1 + \frac{1}{a_0} \cdot \frac{\Delta a}{\Delta\tau} \cdot \tau = 1 + \xi_a \cdot \tau,$$

unde :

η^0_{cz}, H^0_{ech}, a_0 sînt valorile optime ;

$\Delta\eta(\tau)$, $\Delta H(\tau)$, $\Delta a(\tau)$ — variații la timpul τ ;

$\frac{\Delta\eta}{\Delta\tau}$, $\frac{\Delta H}{\Delta\tau}$, $\frac{\Delta a}{\Delta\tau}$ — vitezele medii de variație într-un interval de timp dat ;

ξ_c, ξ_H, ξ_a — vitezele relative de variație într-un interval de timp dat.

Factorul total de creștere a consumului orar de combustibil al blocului, în perioada de funcționare τ, este o funcție de timp adimensională :

$$\varphi(\tau) = \frac{1 + \xi_a \cdot \tau}{(1 - \xi_c \cdot \tau)(1 - \xi_H \cdot \tau)}. \tag{3}$$

Se urmărește ca, între două revizii succesive τ_{ciclu} (curățirea suprafețelor de transfer a căldurii la cazan, curățirea și etanșarea condensatului turbinei, reparația armăturilor circuitului termic etc.), cu toate creșterile de consum de combustibil acumulate în timp, să se obțină un consum mediu orar de combustibil minim, ceea ce constă în aflarea minimului expresiei :

$$\Phi^{(\tau)}_{min} = min \frac{\int_0^{\tau_{ciclu}} B(\tau)\mathrm{d}\tau}{\int_0^{\tau_{ciclu}} B_0 d\tau} =$$

$$= min \frac{\int_0^{\tau} \varphi(\tau)\mathrm{d}\tau + \frac{1}{B_0}\left(\int_0^{\tau_r} B_r \mathrm{d}\tau + \int_0^{\tau_p} B_p \cdot \mathrm{d}\tau\right)}{\tau + \tau_r + \tau_p} =$$

$$= min \frac{\int_0^{\tau} \varphi(\tau)\mathrm{d}\tau + K_r \cdot \tau_r + K_p \tau_p}{\tau + \tau_r + \tau_p}, \tag{4}$$

în care :

B_r — este consumul orar de combustibil al grupurilor energetice puse în funcțiune în sistem în perioada reviziei blocului ;

B_p — consumul orar de pornire al blocului după revizie ;

$K_r = \frac{q_s}{q_0}$ — raportul între consumul specific de combustibil al grupurilor pornite în sistem și consumul specific inițial al blocului energetic ;

$K_p = \frac{q_p}{q_0}$ — raportul între consumul specific de combustibil în perioada pornirii și consumul specific inițial ;

τ_r — perioada de revizie ;

τ_p — perioada de pornire.

Funcția adimensională $\Phi(\tau)$ apare ca o variație a unei cantități relative de combustibil :

$$b(\tau) = \frac{q(\tau)}{q_0},$$

consumată de blocul energetic într-un ciclu sau în mai multe cicluri de funcționare și revizie, corespunzător diagramei din figura 1.

Calculul exact al inegralei lui $\varphi(\tau)$ din (4) complică inutil rezultatele, neajuns care se înlătură, în cele din urmă, avînd în vedere variația finită a celor trei funcții din componența sa, astfel că prin dezvoltări în serie și anulări de termeni de grad superior, se obțin :

$$(1 - \xi_c \cdot \tau)^{-1} = 1 + \xi_c \tau + \xi_c^2 \cdot \tau^2 + \ldots \approx 1 + \xi_c \tau.$$

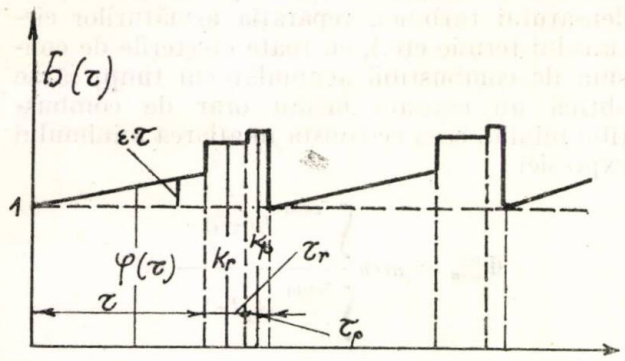


Fig. 1. Variaţia consumului relativ de combustibil de-a lungul a două cicluri de funcţionare.

$$(1 - \xi_H\tau)^{-1} = 1 + \xi_H \cdot \tau + \xi_H^2 \cdot \tau^2 \ldots \approx$$

$$\approx 1 + \xi_H\tau,$$

$$\varphi(\tau) \approx 1 + (\xi_c + \xi_H + \xi_a)\tau = 1 + \xi \cdot \tau.$$

În cele din urmă (4) devine mai simplă:

$$\Phi(\tau) = \frac{\frac{1}{2}\xi\tau^2 + \tau + K_r\tau_r + K_p\tau_p}{\tau + \tau_r + \tau_p} \cdot \quad (5)$$

Condiţia care permite stabilirea intervalului optim de funcţionare, τ_0, între două revizii succesive ale blocului energetic, rezultă din anularea derivatei întîi a lui (5) în raport cu τ:

$$\frac{\partial\Phi(\tau)}{\partial\tau} = 0.$$

De fapt soluţia pozitivă a ecuaţiei de gradul 2:

$$\frac{\xi}{2}\tau^2 + \xi(\tau_r + \tau_p)\tau - (K_r - 1)\tau_r - (K_p - 1)\tau_p = 0$$

exprimă intervalul optim, τ_0, de funcţionare căutat:

$$\tau_0 = -(\tau_r + \tau_p) + \sqrt{(\tau_r + \tau_p)^2 + \frac{2}{\xi}[(K_r - 1)\tau_r + (K_p - 1)\tau_p]} \cdot \quad (6)$$

Deoarece, în primul rînd, $\tau_0 = \psi(\xi)$, există şapte intervale optime de funcţionare distincte, după cum ξ capătă următoarele valori:

$$\xi_1 = \xi_c;$$
$$\xi_2 = \xi_H;$$
$$\xi_3 = \xi_a;$$
$$\xi_4 = \xi_c + \xi_H;$$
$$\xi_5 = \xi_c + \xi_a;$$
$$\xi_6 = \xi_H + \xi_a;$$
$$\xi_7 = \xi_c + \xi_H + \xi_a.$$

În determinarea lui τ_0 se utilizează (6) sau (5), ultima prin reprezentare grafică.

Exemplul de calcul, ce va fi efectuat pentru două cazuri, care se deosebesc numai prin valorile lui ξ, confirmă coincidenţa rezultatelor.

Dîndu-se valori conform tabelului:

1	2
$\xi_7 = 0{,}001 + 0{,}002 + 0{,}001 = 0{,}004$ (Z^{-1})	$\xi_1 = 0{,}001$ (Z^{-1})
$K_r = 1{,}25$	1,25
$K_p = 1{,}315$	1,315
$\tau_r = 10$ zile (z)	10 zile
$\tau_p = 0{,}5$ zile	0,5 zile

cu (6) se obţin:

$$\tau_{01} = -(10 + 0{,}5) + \sqrt{(10 + 0{,}5)^2 + \frac{2}{0{,}004}[(1{,}25 - 1)10 + (1{,}315 - 1)0{,}5]} = 27{,}4 \text{ zile},$$

$$\tau_{02} = -(10 + 0{,}5) + \sqrt{(10 + 0{,}5)^2 + \frac{2}{0{,}001}[(1{,}25 - 1)10 + (1{,}315 - 1)0{,}5]} = 63{,}2 \text{ zile},$$

iar cu (5) rezultatele ilustrate prin diagramele din figura 2.

Se cuvine semnalat faptul că abaterea de la intervalul optim de funcţionare se soldează, întotdeauna, cu o creştere a consumului mediu orar de combustibil al blocului, conform relaţiei:

$$\Delta B = (\Phi - \Phi_0)B_0,$$

în care:

$$\Phi = \Phi(\tau).$$

$$\Phi_0 = \Phi(\tau_0),$$

$$\tau \neq \tau_0,$$

$$\Phi(\tau) > \Phi(\tau_0).$$

Pot exista cazuri în care puterea de substituire, corespunzătoare blocului trecut în revizie să fie a unui bloc similar, pornit din rezervă

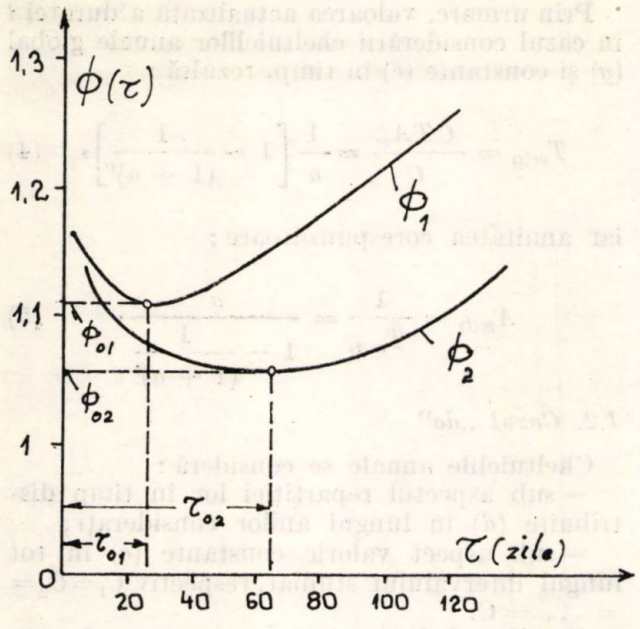


Fig. 2. Variația funcției $\Phi(\tau)$.

la aceeași centrală electrică. În acest caz, intervalul optim de funcționare se micșorează considerabil, deoarece, în (6), $K_r = 1$.

Totuși, micșorarea lui τ_0 se compensează, întrucîtva, prin scurtarea duratei de revizie τ_r, ca urmare a organizării lucrărilor în trei schimburi.

Concluzii

Metoda propusă de determinarea intervalului optim de funcționare se bazează pe criteriul consumului minim de combustibil.

Oprirea blocului energetic la intervale optime, în vederea restabilirii la valori optime a parametrilor considerați: η_{cz}, H_{ech} și a, se înscrie printre preocupările urmărind o funcționare cît mai economică a centralei. Drept consecință, se realizează, de-a lungul unei perioade de funcționare, consumuri specifice medii de combustibil minime.

Intervalul optim de funcționare devine un parametru important în exploatarea blocurilor energetice dacă se iau în considerare date (ξ, K_r, K_p) corecte de calcul, rezultate din observații statistice de lungă durată.

Luarea în considerare și a efectului variației serviciilor interne asupra lui τ_0 nu modifică deducțiile și expresiile de calcul, deoarece consumurile nete orare de combustibil nu modifică alura curbelor $b(\tau)$ și $\Phi(\tau)$.

(Primit la 27 august 1984, acceptat la 7 noiembrie 1984)

Calculul „cheltuielilor totale actualizate" în două ipoteze de eșalonare în timp a cheltuielilor calendaristice

Dr. ing. Pavel Buhuș, ing Gheorghe Comănescu*

The Overall Updated Expenses Estimation in Accordance to two Lagging Hypotheses of the Schedule Expenses

(Condensed from the paper in romanian)

The paper analyses two hypotheses as well as two estimation methods of the overall updated expenses, the category of expenses used for the optimum economical solutions selections.

In the first hypotheses for each operating year the overall expenses realized constitute the „gross" (g) expenses accumulated in that very year.

In that hypothesis a series of annual discreet values are updated and than summed up for the same reference year.

In the second hypothesis the same expence volum is considerated „distributed" (d) within the same operating period. As a consequence, in this hypothesis the expenses that are to be updated and than summed up are considerated a continuos function of time.

The difference between the results obtained by the two estimations hypothesis are relatively small. In the case of the updated expenses such differences, usually of a few percentages may have a bigger importance than the same differences recorded in the case of the non updated expenses.

However, in the final design phases of certain objectives of great economical importance more adequate decisions can be made as a consequence of the updating of the components of each cathegory of expences in accordance to the hypothesis which is better fitted for the real lagging of expenses function of time. For exemple in the case of certain electrical substantions or of the EHV lines, it is more adequate to estimate the overall updated expenses due to the energy losses in accordance to the hypothesis of the distributed expenses flow, while in the case of the underkinery damages as well as of the ones due to the deviation electric energy quality parameters the estimation is to be realized in accordance to the overall annual expenses flow.

* Dr. ing. Pavel Buhuș este profesor, ing. Gheorghe Comănescu — șef lucrări la Institutul Politehnic București

Prezentarea problemei

Considerațiile care urmează se referă la un interval de t ani consecutivi, fiecare dintre acești ani fiind caracterizat prin cheltuielile anuale C_1, C_2, ... C_t. Aceste cheltuieli urmează a fi actualizate folosind drept an de referință anul „zero", premergător primului dintre cei t ani ai intervalului considerat.

În final, valorile astfel actualizate urmează a fi însumate pentru a determina cheltuielile totale actualizate, CTA, care urmează a fi determinate în două ipoteze :

Ipoteza 1. Pentru fiecare an în parte se consideră „global" (g) totalul tuturor cheltuielilor efectuate în cursul anului respectiv. Ca urmare, în această ipoteză urmează a fi actualizate și apoi însumate un șir de t valori anuale discrete.

Ipoteza 2. Eforturile de cheltuieli se consideră „distribuite" (d) pe parcursul fiecăruia dintre cei t ani ai intervalului considerat. De această dată deci, fiecare „cheltuială elementară" (corespunzătoare unui interval foarte scurt de timp) trebuie actualizată separat și, în final, toate componentele mulțimii de valori astfel actualizate urmează să fie însumate prin integrare.

În ambele ipoteze cheltuielile anuale se vor considera fie constante, fie în creștere sau în scădere treptată. În acest scop se va nota prin R rația progresiei geometrice după modelul căreia se modifică succesiv cheltuielile anuale din intervalul considerat. Rata de actualizare urmează a fi notată prin a.

1. Cazurile studiate

1.1. Cazul „gc"

Cheltuielile anuale se consideră :

— sub aspectul eșalonării lor în timp, concentrate global (g) la nivelul fiecărui an al intervalului considerat ;

— sub aspect valoric, constante (c) în tot lungul intervalului studiat, respectiv :

$$C_1 = C_2 = \ldots = C_t = C, \tag{1}$$

Ca urmare, actualizînd la anul „zero" și apoi însumînd se obține :

$$CTA_{gc(t)} = \frac{C}{1+a} + \frac{C}{(1+a)^2} + \ldots + \frac{C}{(1+a)^t}. \tag{2}$$

După ce se dă factor comun $C/(1+a)$, se obține :

$$CTA_{gc(t)} = \frac{C}{a}\left[1 - \frac{1}{(1+a)^t}\right]. \tag{3}$$

Prin urmare, valoarea actualizată a duratei t în cazul considerării cheltuielilor anuale global (g) și constante (c) în timp, rezultă :

$$T_{gc(t)} = \frac{CTA_{gc}}{C} = \frac{1}{a}\left[1 - \frac{1}{(1+a)^t}\right], \tag{4}$$

iar anuitatea corespunzătoare :

$$A_{gc(t)} = \frac{1}{T_{gc(t)}} = \frac{a}{1 - \dfrac{1}{(1+a)^t}}. \tag{5}$$

1.2. Cazul „dc"

Cheltuielile anuale se consideră :

— sub aspectul repartiției lor în timp distribuite (d) în lungul anilor considerați ;

— sub aspect valoric constante (c) în tot lungul intervalului studiat, respectiv $C_1 = C_2 = \ldots = C$.

Actualizînd la anul zero și însumînd prin integrare :

$$CTA_{dc(t)} = C\int_0^t \frac{dt}{(1+a)^t}. \tag{6}$$

Notînd $t = -x$ integrala se mai poate scrie succesiv sub formele :

$$-\int (1+a)^x\,dx = -\frac{(1+a)^x}{\ln(1+a)} \tag{7}$$

și deci :

$$CTA_{dc(t)} = \frac{C}{\ln(1+a)}\left[1 - \frac{1}{(1+a)^t}\right]. \tag{8}$$

Prin urmare, valoarea actualizată a duratei t considerînd cheltuielile uniform distribuite în timp se poate determina cu relația :

$$T_{dc(t)} = \frac{CTA_{dc}}{C} = \frac{1}{\ln(1+a)}\left[1 - \frac{1}{(1+a)^t}\right], \tag{9}$$

iar anuitatea corespunzătoare :

$$A_{dc(t)} = \frac{1}{T_{dc(t)}} = \frac{\ln(1+a)}{1 - \dfrac{1}{(1+a)^t}}. \tag{10}$$

1.3. Cazul „gR"

Cheltuielile anuale se consideră :

— sub aspectul repartiției lor în timp, concentrate global (g) la nivelul fiecărui an al intervalului considerat ;

— sub aspect valoric în creştere sau în scădere, analog termenilor unei progresii geometrice cu raţia R.

Notînd prin C_1 totalul cheltuielilor din primul an al intervalului de timp considerat şi actualizînd la anul „zero", premergător acestui prim an:

$$CTA_{gR(t)} = \frac{C_1}{1+a} + \frac{C_1 R}{(1+a)^2} + \ldots + \frac{C_1 R^{t-1}}{(1+a)^t}. \quad (11)$$

În continuare:

$$CTA_{gR(t)} = \frac{C_1}{1+a} \cdot \frac{1 - \left(\frac{R}{1+a}\right)^t}{1 - \frac{R}{1+a}} \quad (12)$$

sau

$$CTA_{gR(t)} = \frac{C_1}{(1+a)-R}\left[1 - \frac{1}{\left(\frac{1+a}{R}\right)^t}\right]. \quad (13)$$

Valoarea actualizată a duratei t în cazul considerării cheltuielilor anuale *global* (g) şi în creştere/scădere cu raţie R:

$$T_{gR(t)} = \frac{CTA_{gR}}{C_1} = \frac{1}{R\left(\frac{1+a}{R} - 1\right)}\left[1 - \frac{1}{\left(\frac{1+a}{R}\right)^t}\right]. \quad (14)$$

1.4. Cazul „dR"

Cheltuielile anuale se consideră:

— sub aspectul repartiţiei lor în timp distribuite (d) în tot lungul anilor respectivi;

— sub aspect valoric în creştere sau în scădere, analog termenilor unei progresii geometrice cu raţia R.

Notînd prin C_1 cheltuielile din primul an al intervalului considerat şi actualizînd la anul „zero", premergător acestui prim an:

$$CTA_{dR(t)} = \frac{C_1}{1+a}\int_0^t \left(\frac{R}{1+a}\right)^{n-1} dn. \quad (15)$$

Prin urmare:

$$CTA_{dR(t)} = \frac{C_1}{1+a} \cdot \frac{\left(\frac{R}{1+a}\right)^{n-1}}{\ln\frac{R}{1+a}}\Bigg|_0^t =$$

$$= \frac{C_1}{(1+a)\ln\frac{R}{1+a}}\left[\left(\frac{R}{1+a}\right)^{t-1} - \left(\frac{R}{1+a}\right)^{-1}\right]. \quad (16)$$

Pentru a putea fi uşor comparată cu relaţia (8), corespunzătoare cazului $R = 1$, expresia (16) mai poate fi scrisă sub forma:

$$CTA_{dR(t)} = \frac{C_1}{R \ln\frac{1+a}{R}}\left[1 - \frac{1}{\left(\frac{1+a}{R}\right)^t}\right]. \quad (17)$$

Valoarea actualizată a duratei t, considerînd cheltuielile distribuite (d) şi în creştere/scădere cu raţia R:

$$T_{dR(t)} = \frac{CTA_{dR}}{C_1} = \frac{1}{R \ln\frac{1+a}{R}}\left[1 - \frac{1}{\left(\frac{1+a}{R}\right)^t}\right], \quad (18)$$

2. Compararea rezultatelor care se obţin în cele două ipoteze de calcul al cheltuielilor actualizate totale

În cazul unor cheltuieli anuale variabile în timp analog termenilor unei progresii geometrice cu raţia R, făcînd raportul dintre duratele actualizate definite prin relaţiile (14) şi (18) se obţine:

$$\frac{T_{gR(t)}}{T_{dR(t)}} = \frac{\frac{1}{R\left(\frac{1+a}{R} - 1\right)}\left[1 - \frac{1}{\left(\frac{1+a}{R}\right)^t}\right]}{\frac{1}{R\ln\frac{1+a}{R}}\left[1 - \frac{1}{\left(\frac{1+a}{R}\right)^t}\right]}.$$

Această relaţie se mai poate scrie sub forma:

$$\frac{T_{gR(t)}}{T_{dR(t)}} = \frac{\ln\left[1 + \left(\frac{1+a}{R} - 1\right)\right]}{\frac{1+a}{R} - 1}. \quad (20)$$

Dezvoltînd numărătorul în serie se obţine următoarea expresie, care — pentru valorile pe care le pot lua parametrii a şi R în practică — obişnuit conduce la aproximaţii sub 1%:

$$\frac{T_{gR(t)}}{T_{dR(t)}} = \frac{\left(\frac{1+a}{R} - 1\right) - \frac{1}{2}\left(\frac{1+a}{R} - 1\right)^2}{\frac{1+a}{R} - 1} =$$

$$= \frac{1}{2}\left(3 - \frac{1+a}{R}\right). \quad (21)$$

Conform relaţiei (21), valorile actualizate — în cele două ipoteze de calcul — ale unei ace-

leiași durate calendaristice t rezultă practic egale ($T_{gR} = T_{dR}$) în cazuri în care:

$$R = 1 + a. \tag{22}$$

În cele ce urmează, această condiție va fi analizată în două cazuri distincte:

A. Fie r_c rata de creștere a cheltuielilor anuale și deci rația $R = 1 + r_c$. În acest caz condiția (22) se mai poate exprima sub forma:

$$r_c = a. \tag{23}$$

Duratele actualizate $T_{gR(t)}$ mai mici decît $T_{dR(t)}$ se obțin în cazul unor rate r_c de creștere a cheltuielilor mai mici decît rata de actualizare a și cu atît mai mult în cazul unor rate r_c negative. De exemplu, în cazul unui șir de cheltuieli anuale constante $r_c = 0$ — și în condițiile ratei normate de $a = 8\%$ pentru sectorul energetic — cu relația (21) se obține $T_{gR(t)} = 0{,}96\ T_{dR(t)}$. Dacă într-un astfel de caz cheltuielile sînt destul de uniform distribuite pe durata de studiu și totuși calculul se efectuează luînd în considerare cheltuielile anuale globale — cu relația (4) și durata actualizată T_g — este de așteptat ca valoarea calculată CTA_g să reprezinte o subestimare a totalului real cu circa 4%.

B. Fie r_s rata de creștere a sarcinilor maxime anuale tranzitate printr-un transformator sau o linie electrică. În acest caz rația de creștere a cheltuielilor anuale datorate pierderilor de putere și de energie Joule este:

$$R = (1 + r_S)^2. \tag{24}$$

Introducînd această expresie a rației R în condiția (22) rezultă:

$$r_S = (1 + a)^{1/2} - 1. \tag{25}$$

Dezvoltînd apoi în serie — cu o eroare practic neglijabilă pentru valorile pe care le poate lua în practică rata a — se obține următoarea formă a relației (22):

$$r_S = \frac{a}{2}. \tag{26}$$

După cum se poate observa din tabelul 1 — sau cu ajutorul relației (21) — dacă rata de actualizare normată este $a_n = 0{,}08$ și dacă pentru circuitul studiat se estimează o creștere a sarcinilor maxime anuale cu o rată medie $r_S = 4\%$, în aceste condiții, în ambele ipoteze de calcul se vor obține practic aceleași valori:

— pentru duratele actualizate, respectiv $T_g = T_d$;

— pentru cheltuielile totale actualizate $CTA_g = CTA_d$.

Cu rare excepții, pierderile Joule și deci cheltuielile datorate acestora sînt distribuite, mai mult sau mai puțin uniform, de-a lungul anilor de exploatare. Prin urmare, în cazul pierderilor Joule ar fi mai indicat să se calculeze durata actualizată și CTA în ipoteza dR.

În prezent, CTA corespunzătoare pierderilor Joule sînt însă calculate în ipotezele g sau gR, în care cheltuielile corespunzătoare fiecărui an în parte sînt luate în considerare global. Conform datelor din tabelul 1, datorită calculului în ipoteza gR se pot înregistra unele erori suplimentare și anume:

— dacă $r_S < \frac{a}{2}$ cheltuielile calculate CTA_g rezultă mai mici decît CTA_d; de exemplu, pentru $a_n = 0{,}08$ și $r_S = 0$ luarea în considerare drept cheltuieli totale actualizate a valorilor

Tabelul 1

Valori ale raportului dintre costurile totale ale consumurilor proprii tehnologice Joule calculate cu rația $R = 1 + r_S$ și actualizate în cele două ipoteze: cheltuielile anuale distribuite (d) și, respectiv, considerate global (g)

$$\frac{CTA_d}{CTA_g} = \frac{\dfrac{1+a}{(1+r_S)^2} - 1}{\ln \dfrac{1+a}{(1+r_S)^2}}$$

Ratele de actualizare a(%)	Ratele de creștere a sarcinii maxime anuale r_S (%)											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...15
6	103,0	101,9	100,9	100,0	99,0	98,1	97,1	96,2	95,2	94,5	93,7	89,7
8	103,9	102,9	101,9	100,9	99,9	99,0	98,0	97,1	96,2	95,4	94,5	90,5
10	104,9	103,9	102,8	101,8	100,8	99,9	98,9	98,0	97,1	96,2	95,4	91,3
12	105,9	104,8	103,8	102,8	101,8	100,8	99,8	98,9	98,0	97,1	96,2	92,1
14	106,8	105,8	104,7	103,7	102,7	101,7	100,7	99,8	98,9	98,0	97,7	92,9
16	107,8	106,7	105,6	104,6	103,6	102,6	101,6	100,7	99,7	98,9	97,9	93,7

Tabelul 2

Valorile actualizate (în cele două ipoteze de eşalonare în timp a cheltuielilor) ale duratei de serviciu de 30 ani, normată pentru instalaţiile electrice din centrale, staţii şi posturi de transformare

Relaţiile de calcul (14) şi (18)	Valorile actualizate cu rata normată $a = 0{,}08$ ale duratei de serviciu $t_{sn} = 30$ ani în ipotezele :				
	raţia R	r_S — rata medie de creştere a sarcinilor maxime anuale, în %			
		— 4	0	4	8
$T_{gR}(t) = \dfrac{1-\dfrac{1}{\left(\dfrac{1+a}{R}\right)^t}}{R\left[\dfrac{1+a}{R}-1\right]}$	$1+r_S$	8,09	11,25	16,94	27,79
	$(1+r_S)^2$	6,26		28,38	132,13
$T_{dR}(t) = \dfrac{1-\dfrac{1}{\left(\dfrac{1+a}{R}\right)^t}}{R \ln \dfrac{1+a}{R}}$	$1+r_S$	8,58	11,70	17,27	27,78
	$(1+r_S)^2$	6,78		28,36	127,18

NOTA : Duratele actualizate pentru $R = (1+r_S)^2$ sînt mai indicate pentru calculul cheltuielilor datorate pierderilor Joule de putere şi energie, iar duratele actualizate pentru $R = 1 + r_S$ sînt recomandabile pentru calcul daunelor datorate întreruperilor în alimentarea cu energie electrică.

estimate în ipoteza „global" poate contribui la subestimarea cu circa 4% a efortului de cheltuieli datorat pierderilor Joule;

— în cazurile mai rare în viitor, în care $r_S > \dfrac{a}{2}$, cheltuielile totale actualizate determinate în ipoteza „global" pot conduce la supraestimarea cheltuielilor datorate pierderilor Joule.

3. Concluzii

1. În lucrare sînt analizate două ipoteze şi totodată două tehnici de calcul al cheltuielilor de exploatare actualizate, categorie de cheltuieli care este folosită în proiectare pentru selectarea soluţiilor optime din punct de vedere economic, prin criteriul CTA.

2. În cazurile întîlnite curent în practică, cele două ipoteze de eşalonare ale cheltuielilor de exploatare — global sau diseminat — pot conduce la diferenţe între cheltuielile totale actualizate corespunzătoare unei aceleiaşi soluţii tehnice de ordinul a cîtorva procente. Astfel de diferenţe, în cazul unor cheltuieli actualizate, pot avea o pondere mult mai importantă decît aceleaşi diferenţe în cazul neactualizării cheltuielilor.

3. Avînd în vedere caracterul estimativ al datelor folosite în primele etape ale unui proces de proiectare, se consideră că în astfel de faze ale proiectării nu prezintă o importanţă deosebită alegerea ipotezei de calcul al cheltuielilor totale actualizate. În schimb, în etapele finale de proiectare ale unor obiective economice foarte importante pot fi luate decizii mai corecte ca urmare a actualizării componentelor fiecărei categorii de cheltuieli în ipoteza care corespunde mai bine modului real de eşalonare în timp al acestor cheltuieli. De exemplu, în cazul unor staţii sau linii electrice de foarte înaltă tensiune, ar fi mai indicat ca cheltuielile actualizate datorate consumurilor proprii tehnologice să fie calculate în ipoteza unui flux de cheltuieli diseminate, în timp ce în cazul daunelor de continuitate şi — în condiţii normale — al celor de calitate, calculul ar urma să fie efectuat în ipoteza unui flux de cheltuieli anuale globale.

Bibliografie

[1] Buhuş, P. *Locul şi rolul actualizărilor în optimizarea eficienţei acţiunilor tehnico-economice.* In : Revista economică, nr. 39, 29 septembrie 1978, p. 12—13.

[2] Buhuş, P. şi Comănescu, Gh. *Un punct de vedere cu privire la determinarea valorilor remanente.* În: Energetica, nr. 8, august, 1981, p. 353—356.

(Primit la 5 septembrie 1984, acceptat la 16 noiembrie 1984

Cercetări privind oportunitatea aprecierii conținutului de umiditate în izolația transformatoarelor de putere prin coeficientul de absorbție R_{60}/R_{15}

Ing. Adrian Gorgan*

Aprecierea stării izolației transformatoarelor de putere se face în prezent prin tangenta unghiului de pierderi dielectrice, rezistența de izolație R_{60} și coeficientul de absorbție R_{60}/R_{15}, parametri referitori la izolația mixtă hîrtie-ulei, și o analiză redusă sau mai completă a uleiului electroizolant.

Problema cea mai dificilă o constituie aprecierea stării componentei solide a izolației, al cărui agent poluant este în primul rînd umiditatea.

În cazul transformatoarelor de putere din ultima generație au apărut contradicții flagrante între cei trei parametri amintiți, atît la măsurătorile efectuate la fabricant, pe transformatoare noi, cît și ulterior punerii în funcțiune, în special între coeficientul de absorbție și tangenta unghiului de pierderi.

În speță, au fost obținute valori reduse ale coeficientului de absorbție sub valorile admisibile (1,3—1,5), în unele cazuri chiar subunitare, la temperaturi reduse ale izolației. Faptele sînt de natură să intrige mai ales în cazurile măsurătorilor la fabricant, efectuate pe transformatoare uscate în vapori de Kerosin, într-o instalație care permite măsurarea debitului orar și a cantității totale de umiditate extrasă pe tona de izolație, transformatoare care supuse încercărilor dielectrice distructive au corespuns integral.

Articolul de față reprezintă o încercare de prezentare și interpretare ale rezultatelor unei cercetări menite să elucideze contradicțiile amintite.

Fenomenul care intervine în măsurătorile în c.c. asupra unei izolații mixte, hîrtie-ulei, în cazul transformatoarelor, este polarizarea interfacială, caracterizată prin constante de timp mult mai mari decît cele ale celorlalte polarizări.

Polarizarea interfacială se studiază, în cazul a doi dielectrici înseriați, cu schema echivalentă Maxwell-Wagner, prezentată în figura 1.

Condiția apariției polarizării interfaciale este: $\rho_1\varepsilon_1 \neq \rho_2\varepsilon_2$, unde ρ_1 și ρ_2 sînt rezistivitățile, iar ε_1 și ε_2 permitivitățile dielectrice ale celor doi dielectrici.

În cazul circuitului echivalent din figura 1 condiția devine $R_1C_1 \neq R_2C_2$.

În cazul aplicării unei tensiuni treaptă la bornele circuitului echivalent din figura 1, curentul din circuit are expresia:

$$i(t) = \frac{U}{R_1+R_2} + \frac{U}{R_1+R_2}\,\frac{(T_1-T_2)^2}{R_1R_2}\cdot\frac{1}{(C_1+C_2)^2}\cdot e^{-\frac{t}{T}},$$

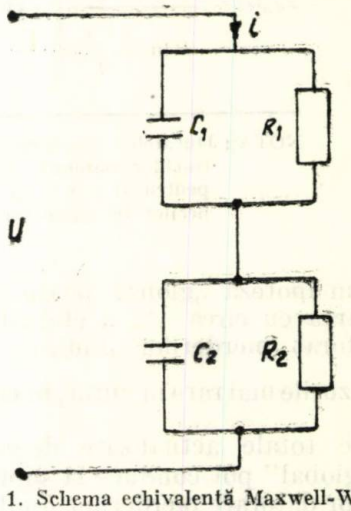


Fig. 1. Schema echivalentă Maxwell-Wagner.

unde:

$I_c = \dfrac{U}{R_1+R_2}$ (2) este curentul de conducție;

$$i_p(t) = \frac{U}{R_1+R_2}\,\frac{(T_1-T_2)^2}{R_1R_2}\cdot\frac{1}{(C_1+C_2)^2}\,e^{-\frac{t}{T}} \quad (3)$$

— curentul de polarizare.

În relația (3) $T_1 = R_1C_1 = \rho_1\varepsilon_1$ și $T_2 = R_2C_2 = \rho_2\varepsilon_2$ sînt constantele de timp proprii celor două componente ale izolației.

$T = \dfrac{R_2T_1 + R_1T_2}{R_1+R_2}$ (4) este constanta de timp a polarizării interfaciale.

Curentul absorbit de izolație, fiind variabil în timp, rezistența de izolație definită ca raportul dintre tensiune și curent este și ea variabilă în timp.

$$R(t) = \frac{U}{i(t)}\cdot \quad (4)$$

* Ing. Adrian Gorgan — ICEMENERG-Craiova

Pornindu-se de la relaţiile (2) şi (3), se poate defini un raport :

$$K = \frac{I_c + i_p(0)}{I_c + i_p(\infty)} = 1 + \frac{(T_1 - T_2)^2}{R_1 R_2} \frac{1}{(C_1 + C_2)^2} \quad (6),$$

care depinde de constantele de timp ale celor doi dielectrici şi de tipul constructiv al izolaţiei.

Avîndu-se în vedere că sediul umidităţii îl constituie în cea mai mare parte componenta solidă a izolaţiei transformatoarelor, caracterizată printr-o higroscopicitate cu mult mai mare decît a uleiului electroizolant datorită porozităţii sale, constanta de timp a hîrtiei scade mult mai repede, odată cu umezirea izolaţiei, faţă de cea a uleiului. Pătratul diferenţei dintre cele două constante de timp scade mai repede decît produsul rezistenţelor, care apare la numitorul amplitudinii curentului de polarizare (vezi relaţia 3).

Drept urmare, odată cu umezirea izolaţiei, raportul K (relaţia 6) scade de la o valoare iniţială la valoarea 1.

În practică s-a adoptat coeficientul :

$$K_{abs} = \frac{R_{60}}{R_{15}} = \frac{I_c + i_p(15)}{I_c + i_p(60)} \quad (7)$$

pentru aprecierea conţinutului de umiditate al izolaţiei, considerîndu-se că o izolaţie este bine uscată dacă acesta are valori mai mari de 1,3.

În transformatoare există n+1 zone de izolaţie, unde n este numărul de înfăşurări izolate galvanic.

Măsurătorile de izolaţie se efectuează în scheme în care apar două zone de izolaţie în paralel. Datorită izolaţiei imperfecte este evident că între cele două zone de izolaţie există transfer de sarcini electrice. Se va dovedi că această circulaţie de sarcini între cele două zone de izolaţie este tot de natura unui curent de polarizare. În aceste condiţii, curentul măsurat în schemele de măsurare uzuale are expresia :

$$i(t) = I_c + I_1 e^{-t/T_1} + I_2 e^{-t/T_2} + I_3 e^{-t/T_3} = I_c + i_{p_1} + i_{p_2} + i_{p_3}. \quad (8)$$

Ca urmare, coeficientul de absorbţie are expresia :

$$\frac{R_{60}}{R_{15}} = \frac{i_{(15)}}{i_{(60)}} = \frac{I_c + i_{p_1}(15) + i_{p_2}(15) + i_{p_3}(15)}{I_c + i_{p_1}(60) + i_{p_2}(60) + i_{p_3}(60)}. \quad (9)$$

Măsurătorile asupra izolaţiei, în cadrul cercetării menite să elucideze fenomenele amintite, au fost efectuate cu megohmmetrul tranzistorizat cu tensiune stabilizată (3000 V).

Tabelul I

Trafo	Schema de măsurare	Temperatura izolaţiei(°C)	I_1/T_1 (nA/min)	I_2/T_2 (nA/min)	I_3/T_3 (nA/min)	I_c(nA)
80 MVA 123/10,5 kV	$i-j+m$	19,7	156/2,7	148/1,18	—	162
		34	265/3,02	572,5/0,55	—	299
	$j-i+m$	19,7	585/2,47	355/0,39	—	125
		34	665/2,915	1636/0,53	—	152
	$i+j-m$	19,7	299/2,1	561/0,316	—	241
		34	584/2,146	1153/0,45	—	435
130 MVA 121/10,5kV	$i-j+m$	21	314/2,9	403/0,58	—	190
		41	391/3,7	1587/0,42	—	565
	$j-i+m$	21	632,7/2,65	1053/0,5833	—	150
		41	665/28	3400/0,4343	—	510
40 MVA 116/6,3 kV	$i-j+m$	24	204,4/6,74	314,2/0,85	−480/0,193	101
	$j-i+m$	24	365/4,458	484/0,83	—	95
34 MVA 33/6,6 kV	$i-j+m$	24	291,5/4,75	314,2/0,489	−403/0,22	205
		30	566,8/4,44	415,/0,697	76,1/0,127	305
		34	632,7/4,55	434/0,709	—	330
	$j-i+m$	24	434,8/4,87	788/0,728	—	195
		29	862,6/4,105	972/0,87	645/0,24	230
		33	925,2/4,29	1124,4/0,8	148/0,17	240
A.T.400MVA 400/231/22kV	$i+j-T+m$	25	391,5/4,098	544,6/0,656	—	157
	$T-i+j+m$	25	314,2/4	962,9/1,085	1274/0,25	230

S-a măsurat rezistența de izolație funcție de timp și, cunoscîndu-se valoarea tensiunii sursei, a fost determinat curentul $i = i(t)$.

Pornindu-se de la faptul că o funcție exponențială reprezentată într-un sistem de coordonate semilogaritmic reprezintă o dreaptă, au fost determinate componentele curentului absorbit prin eliminarea succesivă a curentului de conducție și a componentelor curentului de polarizare cu constante de timp mari și, aplicînd metoda extrapolării, au fost determinate amplitudinile și constantele de timp ale componentelor exponențiale ale curentului de polarizare.

Această metodă grafo-analitică de analiză a curentului absorbit a pus în evidență valori ale constantelor de timp de natură să justifice valorile reduse, chiar subunitare, ale coeficientului de absorbție obținute în cazul unor transformatoare sigur bine uscate.

Rezultatele obținute pentru cîteva cazuri mai semnificative, sînt prezentate în tabelul 1.

Rezultatele prezentate în tabelul 1 evidențiază o componentă a curentului de polarizare avînd constante de timp de ordinul 2—6 min, deci valori foarte apropiate la 15 și respectiv 60 s, o componentă cu constante de timp în gama 0,3—1,2 min, avînd deci valori importante la 60 s de la aplicarea tensiunii și, în sfîrșit, o componentă cu constante de timp mici 0,12—0,25 min, care, interesant, poate fi atît pozitivă, cît și negativă, funcție de tipul constructiv al transformatorului și de temperatura izolației.

Dacă cele două constante de timp, relativ mari, pot fi atribuite celor două zone de izolație în paralel, cea de-a treia componentă caracterizează, probabil, curenții de suprafață între cele două zone de izolație.

Revenind la relația (9), se pot explica valorile apropiate de unitate ale coeficientului de absorbție prin valorile mari ale constantelor de timp, iar valorile subunitare prin existența unui curent $i_{p3}(15)$ negativ, la numărătorul relației amintite.

În concluzie, utilizarea materialelor electroizolante actuale, care sînt responsabile pentru valorile mari ale constantelor de timp ale curenților de polarizare, face inoperantă metoda de apreciere a stării de umidificare a izolației transformatoarelor de putere prin coeficientul de absorbție actual.

Un coeficient de absorbție definit în așa fel încît să conțină numai curentul de conducție și componenta curentului de polarizare cu constanta de timp cea mai mare ar putea constitui însă un parametru care să conțină mai multe informații asupra conținutului de umiditate în izolația transformatoarelor de putere.

Bibliografie

[1] Bunget, I., Popescu, M. *Fizica dielectricilor solizi.* Ed. Științifică și enciclopedică, București, 1978.

[2] Popescu, Cr. *Materiale electrotehnice.* Ed. tehnică, București, 1976.

(Primit la 8 mai 1984, acceptat la 20 iunie 1984)

Unele situații de funcționare falsă a protecției homopolare de tensiune pe bara de 6 kV a unei hidrocentrale

Ing. Apolon Mihailovici*

Introducere

Protecția homopolară de tensiune a barei de 6 kV și a circuitelor galvanic legate cu aceasta are rolul principal de a comanda deconectarea generatoarelor lucrînd în paralel pe bară în cazul unei puneri la pămînt ivite pe unul din circuitele menționate, deoarece dintre toate circuitele galvanic legate cu bara de 6 kV, cele mai susceptibile în a se pune la pămînt sînt înfășurările generatoarelor.

Activitatea de exploatare de pînă acum desfășurată în hidrocentralele de pe rîul Argeș a scos în evidență două situații de falsă acționare a protecției homopolare de tensiune pe bara de 6 kV, din cauze ce au determinat modificarea simetriei capacităților față de pămînt a circuitului primar. Acestea se vor prezenta în cele ce urmează.

* Ing. Apolon Mihailovici — IE Curtea de Argeș

1. Acționarea protecției la o punere la pămînt pe bara de 20 kV

1.1. Prezentarea situației

Centrala hidroelectrică are configurația prezentată în figura 1.

Sistemul de 6 kV al centralei este cu neutrul izolat, transformatorul de 22/6,3 kV și conexiune Y_0d-5, avînd neutrul de asemenea izolat pe partea de 22 kV.

Se constată că, în situația în care cele două generatoare sînt oprite și se produce o punere netă la pămînt în sistemul de 20 kV, apare semnalizarea „fază la pămînt", atît pe bara de 20 kV, cît și pe bara de 6 kV.

Fenomenul se explică prin influența electrostatică între înfășurările primară și secundară ale transformatorului de 22/6,3 kV, datorită capacității între acestea, precum și capacității existente între fiecare fază și pămînt din circuitul de 6,3 kV. Se produce repartizarea ten-

siunii homopolare din circuitul de 20 kV pe capacitățile menționate, avînd ca rezultat deformarea simetriei tensiunilor între fază și pămînt din circuitul de 6,3 kV.

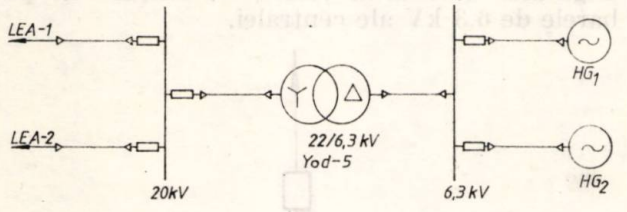


Fig. 1. Schema monofilară a CHE.

1.2. Determinarea tensiunii homopolare transmise în secundarul transformatorului [1]

Se consideră un transformator trifazat cu raportul de transformare U_1/U_2 și grupa de conexiune Yo d-5 (fig. 2, în care s-au notat cu

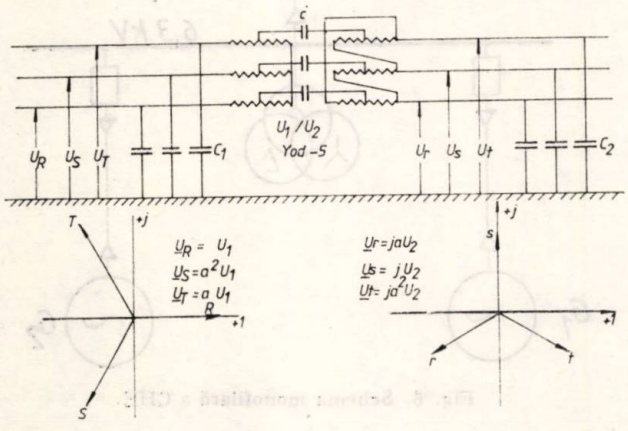


Fig. 2. Schema trifilară a transformatorului cu indicarea capacităților diferitelor elemente.

litere majuscule fazele circuitului primar, cu minuscule cele ale circuitului secundar, iar capacitățile reprezentate au semnificația: C_1 — capacitatea pe fază a circuitului primar; c — capacitatea între bobina primară și cea secundară pe fiecare coloană a transformatorului; C_2 — capacitatea pe fază a circuitului secundar).

S-a notat cu $a = -1/2 + j\sqrt{3}/2$ operatorul de rotație.

Considerînd faza R pe partea primară pusă la pămînt, în locul punerii la pămînt apare o tensiune homopolară $U_{01} = -U$. Aceasta face ca tensiunea fazei R față de pămînt să devină nulă, iar a celorlalte două să se mărească. Ea, de asemenea, dă naștere unei circulații de curenți homopolari prin capacitățile schemei, așa cum se prezintă în figura 3.

Din schema echivalentă reprezentată în figura 4 se poate calcula valoarea tensiunii homopolare transmise în circuitul secundar al trans-

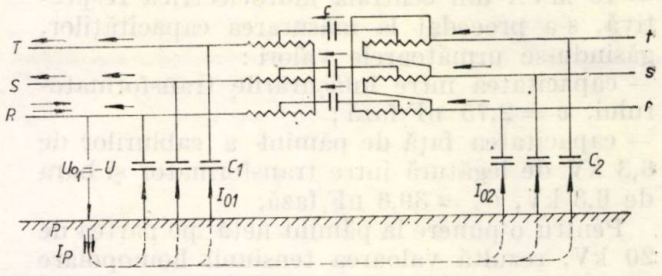


Fig. 3. Circulația curenților homopolari în cazul unei puneri la pămînt monofazate în circuitul primar al transformatorului.

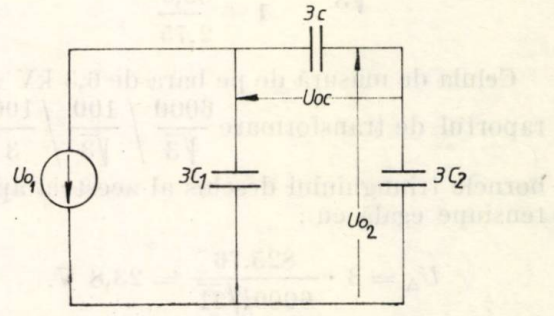


Fig. 4. Schema echivalentă pentru calculul tensiunii homopolare din circuitul secundar al transformatorului.

formatorului:

$$U_{02} = U_{01}\,\frac{1}{1+\dfrac{C_2}{c}}, \qquad (1)$$

unde $U_{01} = -U$.

Tensiunea homopolară transmisă în circuitul secundar al transformatorului duce la deformarea tensiunilor secundare pe fază, așa cum rezultă din figura 5.

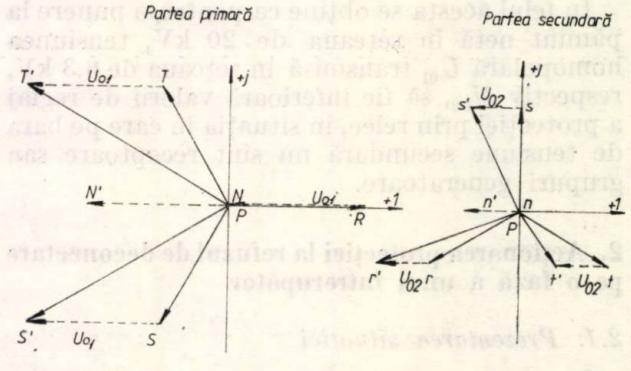


Fig. 5. Diagramele fazoriale reprezentînd deformarea tensiunilor trifazate primare și secundare sub acțiunea tensiunii homopolare.

1.3. Verificări experimentale

Pentru a verifica valoarea componentei homopolare de tensiune transmisă din circuitul primar în cel secundar al transformatorului avînd raportul de transformare 22/6,3 kV și S =

= 10 MVA din centrala hidroelectrică respectivă, s-a procedat la măsurarea capacităţilor, găsindu-se următoarele valori :
— capacitatea între înfăşurările transformatorului, $c = 2{,}75$ nF/fază ;
— capacitatea faţă de pământ a cablurilor de 6,3 kV de legătură între transformator şi bara de 6,3 kV, $C_2 = 39{,}6$ nF/fază.

Pentru o punere la pământ netă pe partea de 20 kV, rezultă valoarea tensiunii homopolare transmisă pe partea de 6,3 kV, în baza relaţiei (1) :

$$U_{02} = \frac{22000}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{39{,}6}{2{,}75}} = 825{,}76 \text{ V} \cdot$$

Celula de măsură de pe bara de 6,3 kV având raportul de transformare $\frac{6000}{\sqrt{3}} \Big/ \frac{100}{\sqrt{3}} \Big/ \frac{100}{3}$ la bornele triunghiului deschis al acesteia apare o tensiune egală cu :

$$U_{\Delta} = 3 \cdot \frac{825{,}76}{\frac{6000/\sqrt{31}}{100/3}} = 23{,}8 \text{ V}.$$

Întrucît reglajul protecţiei de semnalizare a punerii la pământ pe bara de 6,3 kV era de 15 V, se explică funcţionarea acesteia.

1.4. Concluzie

Din relaţia (1) rezultă că este necesar ca C_2 reprezentînd capacitatea pe fază a circuitului de 6,3 kV să fie suficient de mare, fapt care practic se poate realiza montînd mai multe cabluri în paralel între transformator şi barele de 6,3 kV ale centralei.

În felul acesta se obţine ca pentru o punere la pământ netă în reţeaua de 20 kV, tensiunea homopolară U_{01} transmisă în reţeaua de 6,3 kV, respectiv U_{02}, să fie inferioară valorii de reglaj a protecţiei prin relee, în situaţia în care pe bara de tensiune secundară nu sînt receptoare sau grupuri generatoare.

2. Acţionarea protecţiei la refuzul de deconectare pe o fază a unui întrerupător

2.1. Prezentarea situaţiei

Într-o centrală hidroelectrică având schema prezentată în figura 6 funcţionau cuplate în paralel cu sistemul pe bara de 6,3 kV cele două generatoare G_1 şi G_2.

Se efectuează manevra de deconectare a generatorului G_1. Ca urmare a unei defecţiuni mecanice, două faze ale întrerupătorului se deschid, iar a treia rămîne închisă. Imediat apare semnalul de „fază la pământ" pe bara de 6,3 kV şi este acţionată protecţia împotriva punerii la pământ a bobinajului statoric la maşina în funcţiune (G_2), care este deconectată. Aceasta deoarece toate protecţiile amintite sînt alimentate de aceeaşi tensiune apărută la bornele triunghiului deschis al celulei de măsură de pe barele de 6,3 kV ale centralei.

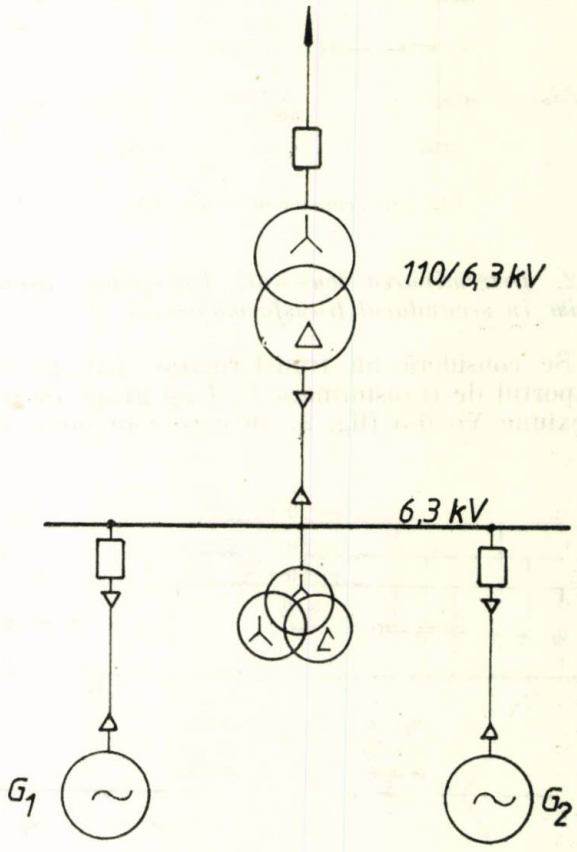


Fig. 6. Schema monofilară a CHE.

Se explică funcţionarea protecţiei datorită dezechilibrării capacităţilor faţă de pământ ale celor trei faze ale sistemului de 6 kV, care este cu neutrul izolat.

2.2. Determinarea dezechilibrului tensiunilor pe fază

Schema trifilară a centralei cu indicarea capacităţilor pe faze ale sistemului de 6 kV este prezentată în figura 7.

Din schemă se poate constata că dacă la deconectarea întrerupătorului generatorului G_1, faza R a acestuia rămîne închisă, atunci capacitatea fiecărei faze faţă de pământ a sistemului de 6 kV devine :

$$\text{Faza } R : C_R = 3\,C_{CG_1} + 3C_{G_1} + C_{CG_2} + \\ + C_{G_2} + C_{CT} - C_{T'} = C$$

$$\text{Fazele } S \text{ şi } T : C_S = C_T = C_{G_2} + C_{CG_2} + \\ + C_{CT} + C_{T'} = c$$

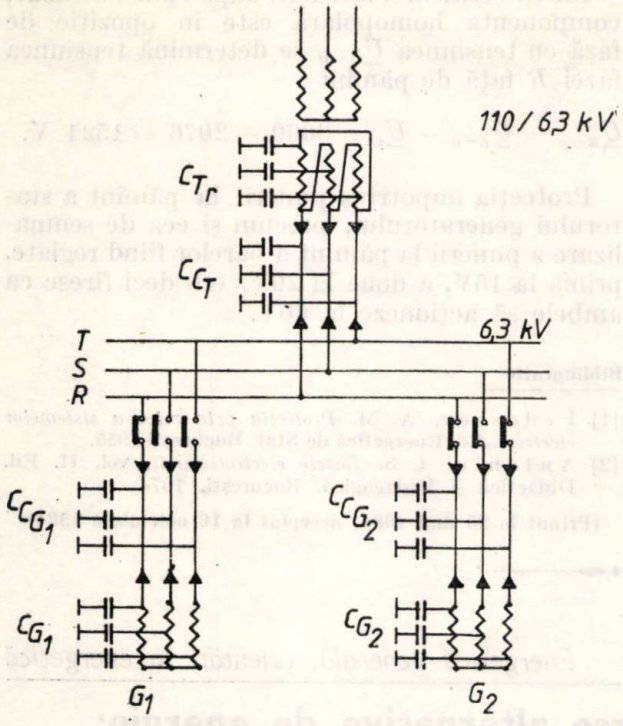


Fig. 7. Schema trifilară a CHE cu indicarea capacităților diferitelor elemente.

Tensiunea de deplasare a neutrului celor trei capacități ale fazelor care este pămîntul (P) în raport cu neutrul sistemului de 6 kV este:

$$\underline{U}_p = \frac{\underline{U}_R\underline{Y}_R + \underline{U}_S\underline{Y}_S + \underline{U}_T\underline{Y}_T}{\underline{Y}_R + \underline{Y}_S + \underline{Y}_T} \tag{2}$$

unde:

$$\underline{U}_R = U \qquad \underline{Y}_R = \frac{j}{x_c} \qquad x_c = \frac{1}{C\omega}$$

$$a = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\underline{U}_S = a^2U \qquad \underline{Y}_S = \frac{j}{X_c} \qquad X_c = \frac{1}{c\omega}$$

$$\underline{U}_T = aU \qquad \underline{Y}_T = \frac{j}{X_c}$$

Înlocuind valorile de mai sus rezultă:

$$\underline{U}_p = U\frac{X_c - x_c}{X_c + 2x_c}. \tag{3}$$

Tensiunea fiecărei faze față de pămînt devine:

$$\underline{U}_{R-p} = \underline{U}_R - \underline{U}_p = U - U\frac{X_c - x_c}{X_c + 2x_c} \tag{4}$$

$$\underline{U}_{S-p} = \underline{U}_S - \underline{U}_p = a^2U - U\frac{X_c - x_c}{X_c + 2x_c}$$

$$\underline{U}_{T-p} = \underline{U}_T - \underline{U}_p = aU - U\frac{X_c - x_c}{X_c + 2x_c}$$

Aceste tensiuni se aplică cîte unui transformator din celula de măsură, ele însumîndu-se apoi în secundarul lor conectat în triunghi deschis, rezultanta fiind:

$$\underline{U}_\Delta = \frac{1}{n_t}(\underline{U}_{R-p} + \underline{U}_{S-p} + \underline{U}_{T-p}) =$$

$$= -3\frac{U}{n_t}\cdot\frac{X_c - x_c}{X_c + 2x_c}, \tag{5}$$

unde:

n_t este raportul de transformare al celulei de măsură.

Diagrama fazorială a deformării tensiunilor trifazate sub acțiunea tensiunii homopolare este prezentată în figura 8.

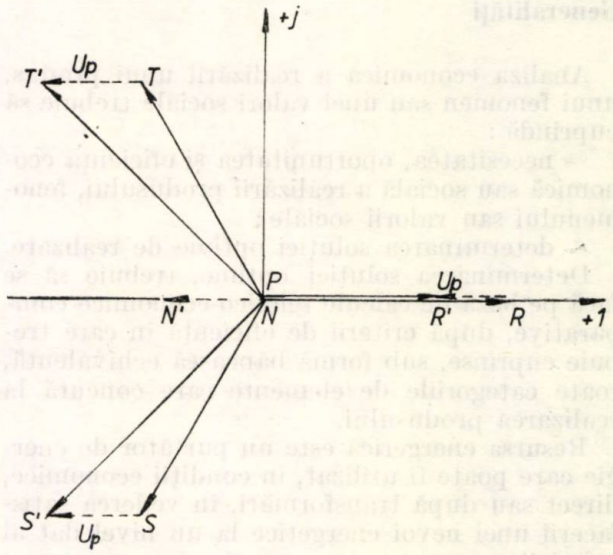


Fig. 8. Diagrama fazorială a tensiunilor trifazate sub acțiunea tensiunii homopolare.

3.3. Rezultate experimentale

S-au efectuat măsurători prin reconstituirea schemei de defect, obținîndu-se rezultatele:
— ambele generatoare decuplate:

$\underline{U}_{R-p} = 3600$ V $\quad \underline{U}_{R-S} = 6230$V

$\underline{U}_{S-p} = 3600$V $\quad \underline{U}_{S-T} = 6230$V

$\underline{U}_{T-p} = 3600$ V $\quad \underline{U}_{T-R} = 6230$ V

— cuplat numai generatorul G_1 prin faza R a întrerupătorului său, legăturile la bare ale celorlalte faze de la întrerupător fiind desfăcute, iar generatorul G_2 cuplat în paralel la bare cu protecția blocată :

$\underline{U}_{R-p}$=1 500 V, $\underline{U}_{S-p}$=5 100 V, $\underline{U}_{T-p}$=5 100 V.

La bornele triunghiului deschis al celulei de măsură a barelor de 6,3 kV s-au măsurat 60 V. Deci tensiunea homopolară este $U_0 = 60/3 = 20$V.

Valoarea acesteia în circuitul primar, cunoscînd raportul de transformare a celulei de măsură este :

$$U_p = 20 \cdot \frac{\frac{6000}{\sqrt{3}}}{\frac{100}{3}} = 2067 \text{ V}.$$

Iar ca verificare, întrucît, după cum s-a văzut, componenta homopolară este în opoziție de fază cu tensiunea $\underline{U}_{R-0}$, se determină tensiunea fazei R față de pămînt :

$$\underline{U}_{R-p} = \underline{U}_{R-0} - \underline{U}_p = 3600 - 2076 = 1524 \text{ V}.$$

Protecția împotriva punerii la pămînt a statorului generatorului, precum și cea de semnalizare a punerii la pămînt a barelor fiind reglate, prima la 15V, a doua la 20V, era deci firesc ca ambele să acționeze la 60V.

Bibliografie

[1] Fedoseev, A. M. *Protecția prin relee a sistemelor electrice*. Ed. Energetică de Stat. București 1955.

[2] Antoniu, I. S. *Bazele electrotehnicii*, vol. II. Ed. Didactică și Pedagogică. București, 1974.

(Primit la 25 mai 1984, acceptat la 16 noiembrie 1984)

Energetică generală, orientări în energetică

Strategia utilizării unor resurse alternative de energie: hidraulică și solară

Dr. ing. Liviu Lup*

Generalități

Analiza economică a realizării unui produs, unui fenomen sau unei valori sociale trebuie să cuprindă :

— necesitatea, oportunitatea și eficiența economică sau socială a realizării produsului, fenomenului sau valorii sociale ;

— determinarea soluției optime de realizare.

Determinarea soluției optime, trebuie să se facă pe bază de calcule tehnico-economice comparative, după criterii de eficiență în care trebuie cuprinse, sub formă bănească echivalentă, toate categoriile de elemente care concură la realizarea produsului.

Resursa energetică este un purtător de energie care poate fi utilizat, în condiții economice, direct sau după transformări, în vederea satisfacerii unei nevoi energetice la un nivel dat al tehnicii.

Nu toți purtătorii de energie pot fi considerați în prezent resurse energetice. De exemplu, un combustibil care are un conținut de energie mai mic decît consumul total de energie necesar pentru realizarea instalațiilor de extracție, transport și utilizare, precum și pentru procesele respective nu reprezintă o resursă energetică, deoarece, în final, nu mai rămîne nimic din conținutul de energie al combustibilului care să intre în consumul pentru interesul urmărit — satisfacerea unei nevoi a omului.

În prezent există foarte multe unități care se ocupă de realizarea de instalații solare. Este necesar a analiza, din punct de vedere tehnico-economic, în ce condiții realizarea și funcționarea instalațiilor solare este avantajoasă.

Centralele electrice, în general, și din acestea și centralele hidroelectrice au rolul de a produce energie electrică necesară utilizării la iluminat, acționării motoarelor electrice care antrenează, în industrie, diverse mașini și mecanisme, cuptoare electrice, electroliză etc. și mai puțin pentru a produce energie termică.

Centralele hidroelectrice cu lacuri cu acumulare naturală sînt prevăzute, în special, pentru acoperirea sarcinilor de vîrf ale curbelor de sarcină din sistemul electroenergetic.

Producerea energiei electrice cu ajutorul energiei solare se află încă la primii pași, de aceea de această latură a problemei nu se ocupă prezentul material. În schimb, preocupările de a produce energie termică, în special sub formă de apă caldă, sînt larg răspîndite.

Știind că volumul de investiții pe care le poate face statul nu poate depăși anumite valori, se pune problema alegerii celei mai avantajoase variante de producere a energiei termice (sub formă de apă caldă pentru consum casnic sau industrial) :

* Dr. ing. Liviu Lup — ISPE — București

— centrale termice solare, cu prepararea directă a apei calde, sau

— centrale hidroelectrice, urmînd a prepara apa caldă cu ajutorul energiei electrice (cu încălzitoare electrice).

Alegerea, în prezenta lucrare, a acestor două variante de producere a energiei termice și compararea lor tehnico-economică are la bază următoarele considerente :

— utilizarea energiei solare se face, în prezent, în special pentru producerea energiei termice ;

— ambele soluții, după realizarea investițiilor, nu necesită consum de combustibil pentru producerea energiei termice ;

— în cadrul acelorași fonduri bănești utilizate pentru investiții, în oricare din variante se poate intensifica sau micșora ritmul de realizare de investiții și în consecință acționînd în sens invers pentru cazul celeilalte variante.

Cînd se trece la analizarea utilizării practice a energiei solare sau a celei electrice pentru producerea energiei termice, este necesar să se analizeze toate posibilitățile de producere a energiei termice în centrale de termoficare sau în centrale termice cu combustibil care reprezintă, în general, soluții mult mai economice [1] de alimentare cu energie termică.

1. Elemente privind utilizarea energiei solare

Energia solară incidentă în atmosfera terestră corespunde puterii de 1,359 kW/m^2 = 1160 kcal/m^{2}h [1, 2, 3].

Energia solară incidentă la suprafața pămîntului atinge la amiază, în cele mai bune condiții, valori corespunzătoare puterii de 1,1 kW/m^2 = = 945 kcal/m^{2}h.

Conform datelor obținute de la fabricile constructoare de captatoare solare acestea au randamente de pînă la 76 %. Dacă se consideră pentru restul instalațiilor solare un randament de 90—95 % se obține debitul de căldură solară maxim captabil și utilizabil de circa 700 kcal/m^{2}h.

În baza materialelor cuprinse în bibliografia menționată mai sus și a datelor obținute de la institutele de proiectare și cercetare de specialitate și de la fabricile constructoare și ținînd seama că :

— energia termică obtenabilă de la soare este funcție de randamentul instalației și temperatura mediului care primește căldură ;

— nu întotdeauna se poate sincroniza consumul de căldură al diverșilor consumatori, cu disponibilitățile radiației solare și cu posibilitățile de stocare ;

— în țara noastră durata medie anuală de însorire este cuprinsă între 1636 h/an la Predeal și 2482 h/an la Sulina ; se pot considera, parametric, următoarele durate de utilizare a debitului maxim de căldură solară 100, 300, 600 și 1000 h/an, la care corespund următoarele cantități de energie utilizate anual : 70, 210, 420 și 700 mii kcal/m^2 an pentru 1 m^2 suprafață activă de captator solar.

Investiția specifică în instalațiile solare este considerată de 2000 și 2800 lei/m^2 de captator solar [1].

În tabelul 1 se prezintă prețul de cost al energiei termice produse cu ajutorul energiei solare, funcție de investiția specifică și durata de utilizare anuală a capacității nominale a instalațiilor. Se constată din datele prezentate că prețul energiei termice este cuprins între 218 lei/Gcal, în cazul în care instalația solară este relativ ieftină și are durată mare de utilizare anuală realizînd circa 700 mii kcal/m^2 an, și 2760 lei/Gcal, în cazul în care instalația solară are investiție relativ scumpă și are durata mică de utilizare anuală, realizînd circa 70 mii kcal/m^{2}an.

În tabelul 1 se prezintă și consumul total de energie, care are valori cuprinse între 0,04 și 2,02 Gcal/Gcal.

2. Elemente privind producerea de energie termică cu ajutorul energiei electrice obținute în centrale hidroelectrice

Știind că în mod practic investițiile specifice și duratele de utilizare anuală a puterii instalate în centralele hidroelectrice variază în limite foarte largi, în calcul se iau în considerație, în prezentul articol, următoarele valori : 5000, 10000, 50000, 100000 și 150000 lei/kW pentru investiția specifică și respectiv : 2000, 3000 și 5000 h/an pentru durata de utilizare.

Energia înglobată în investiții, necesară fabricării mașinilor și utilajelor cu care se dotează centralele hidroelectrice, energia consumată pe șantier pentru construcții și montaj și respectiv energia corespunzătoare uzurii mașinilor și utilajelor sau diverselor materiale cu care se lucrează la construcții și montaj, se consideră, de asemenea, parametrizat la valorile de 50. 100 și 150 kg c.c./mia lei investită după [4].

Locul de transformare a energiei electrice în energie termică poate fi :

— în incinta centralei electrice sau în imediata apropiere ;

— la 150 km distanță față de centrala electrică.

Pentru centralele hidroelectrice interconectate, soluțiile sînt echivalente cu cele de mai sus și în cazul în care consumatorii ar fi amplasați lîngă centrale termoelectrice, în măsura în care noua configurație nu duce la creșterea pierderilor de energie și a investițiilor în rețelele electrice.

Pentru calculul investițiilor și al prețului de cost al energiei termice se consideră :

— consumul propriu al centralelor electrice sub 1 % din producție ;

— pierderi în rețele electrice zero pentru incinta centralei electrice sau 5 % pentru distanța de 150 km ;

Tabelul 1

Variația prețului de cost al energiei termice produse în centrale solare și a consumului total de energie, funcție de investiția specifică, durata anuală de utilizare a capacității nominale și de energie înglobată în investiții, considerînd durata de viață a instalațiilor de 20 ani corespunzător debitului nominal de 1 Gcal/h

1	Investiția specifică în centrala termică solară „i"	lei/m²	2000												2800										
2		mii lei / Gca/h	2860												4000										
3	Debit căldură maxim utilizabil	kcal/m²h	700												700										
4	Durata anuală de utilizare a debitului nominal (maxim)	h/an	100			300			600			1000			100			300			600			1000		
5	Energie utilizabilă captată de la soare	mii kcal / m² an	70			210			420			700			70			210			420			700		
6		Gcal / Gcal/h	100			300			600			1000			100			300			600			1000		
7	Aport investiție în preț cost	lei/Gcal	1430			475			238			143			2000			666			333			200		
8	Cheltuieli cu personalul (1om/Gcal/h a 36000 lei/om an)	lei/Gcal	360			120			60			36			360			120			60			36		
9	Alte cheltuieli (inclusiv pompare apă) 1% din i/an	lei/Gcal	286			95			48			29			400			133			67			40		
10	Preț de cost energie termică (7+8+9)	lei/Gcal	2076			690			346			208			2760			919			460			276		
11	Energie înglobată în investiție	kg c.c./m²	70	200	400	70	200	400	70	200	400	70	200	400	70	200	400	70	200	400	70	200	400	70	200	400
12		t c.c./Gcal/h	100	286	572	100	286	572	100	286	572	100	286	572	100	286	572	100	286	572	100	286	572	100	286	572
13	Aport energie înglobată în investiție raportată la energia produsă în 20 ani	kg c.c./Gcal	50	143	286	17	48	95	8	24	48	5	14	29	50	143	286	17	48	95	8	24	48	5	14	29
14	Energie pentru pompare apă	kg c.c./Gcal	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1
15	Total consum energie (13+14)	kg c.c./Gcal	53	146	289	19	50	97	9	25	49	6	15	30	53	146	289	19	50	97	9	25	49	6	15	30
16		Gcal c.c./Gcal	0,37	1,02	2,02	0,13	0,35	0,68	0,06	0,18	0,34	0,04	0,11	0,21	0,37	1,02	2,02	0,13	0,35	0,68	0,06	0,18	0,34	0,04	0,11	0,21

În calcule nu este cuprins, la consumul total de energie și cel de energie solară.

— pierderi la transformarea energiei electrice în energie termică (pierderi la încălzitorul electric) 2%;

— investiția în rețeaua electrică 400 lei/kW, 500 mii lei/Gcal/h.

În tabelul 2 se prezintă prețul de cost al energiei termice produse cu ajutorul energiei electrice obținute în centrale hidroelectrice, funcție de investiția specifică și durata de utilizare anuală a capacității nominale. Se constată, din datele prezentate, că prețul energiei termice este cuprins între 43 lei/Gcal, cînd aceasta se realizează în incinta unei centrale hidroelectrice cu investiție specifică mică (5000 lei/kW) și durata de utilizare mare (5000 h/an), și respectiv 4770 lei/Gcal cînd realizarea energiei electrice are loc la o distanță de 150 km față de centrala hidroelectrică, iar aceasta are investiții specifice mari (150000 lei/kW) și o durată mică de utilizare (2000 h/an).

Tot, în tabelul 2 se prezintă și consumul total de energie, care are valori cuprinse între 0,01 și 1,1 Gcal/Gcal.

3. Compararea variantelor și probleme de strategie

În baza datelor de intrare luate în considerare și a calculelor efectuate și redate în tabelele 1 și 2 se prezintă în figurile 1 și 2, comparativ, rezultatele obținute.

În figura 1 se prezintă variația prețului energiei termice produse cu ajutorul energiei solare sau al energiei electrice obținută în centrale hidroelectrice, funcție de durata de utilizare anuală a capacității nominale și investiția specifică a instalațiilor, iar în figura 2 se prezintă variația consumului energiei pentru energia termică produsă.

Pentru investiții specifice mari, respectiv pentru durate de utilizare anuală a capacității nominale mici, trebuie văzut dacă prețul energiei termice permite utilizarea acestor categorii de instalații pentru producerea energiei termice și în special în cazul centralelor solare sau al celor

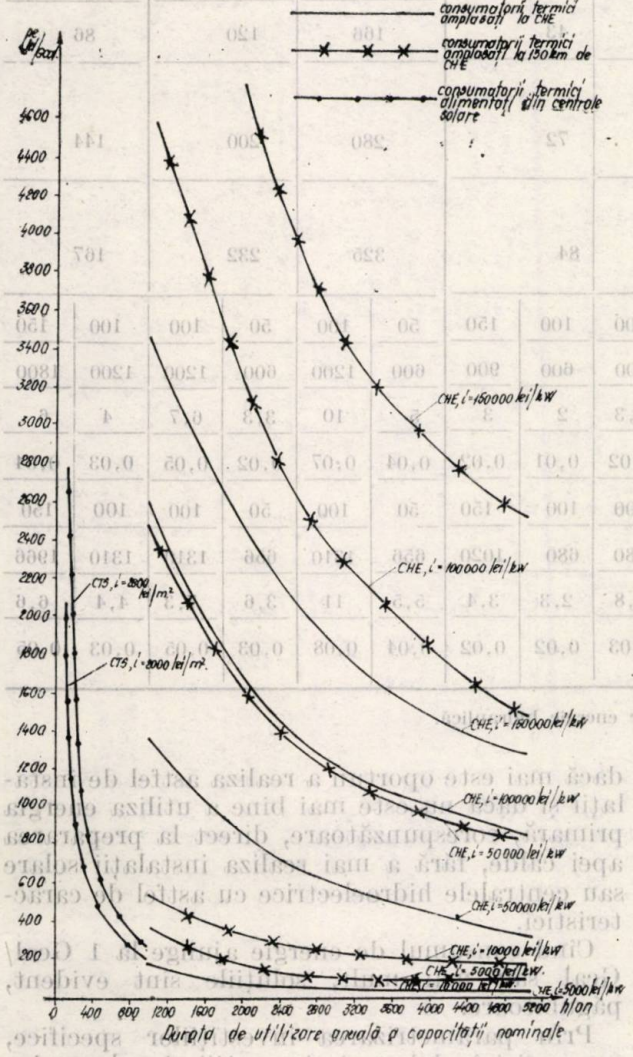


Fig. 1. Variația prețului energiei termice produse cu ajutorul energiei solare sau a energiei electrice obținute în centrale hidroelectrice, funcție de durata de utilizare anuală a capacității nominale și investiția specifică ale instalațiilor.

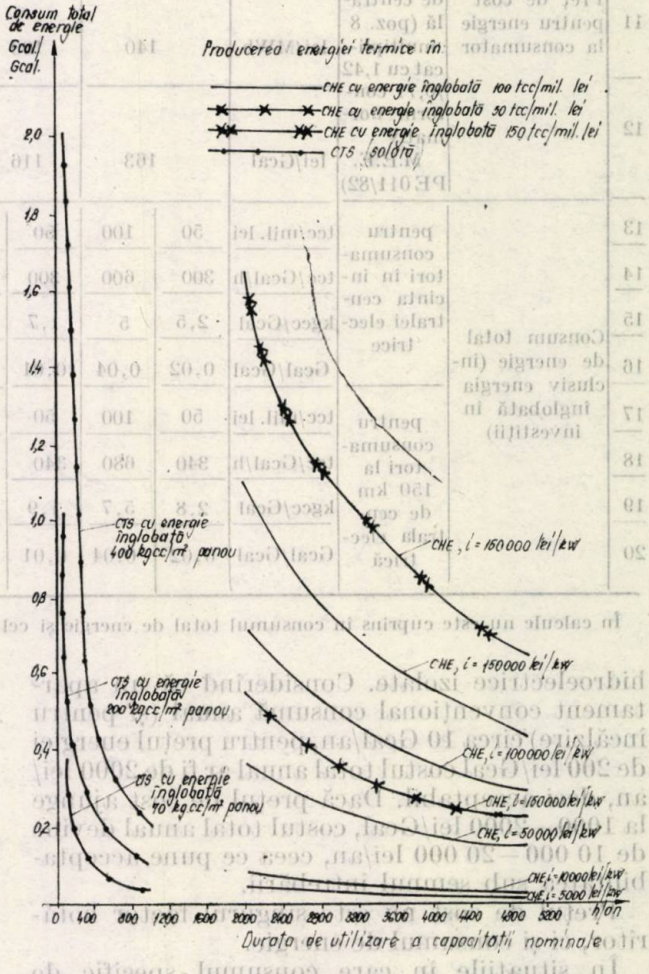


Fig. 2. Variația consumului total de energie la producerea energiei termice cu ajutorul centralelor solare (CTS) sau cu ajutorul energiei electrice obținută în centrale hidroelectrice (CHE).

Tabe

Variația prețului de cost al energiei termice produse cu ajutoruenergiei electrice obținute în centrale hidroelectrice și a con viață a instalațiilor de 60 ani, corespunzător

1	Investiția specifică în CHE„i"		lei/kW	5000						10000						
2	Investiția specifică pentru energia termică „i"	la CHE	mii lei	6000						12000						
3		la 150 km de CHE	Gcal/h	6800						13100						
4	Durata de utilizare anuală a capacității instalate		h/an	2000		3000		5000		2000		3000		5000		
5	Cheltuieli anuale	amortizări	% din i	1,7		1,7		1,7		1,7		1,7		1,7		
6		rest		1,1		1,3		1,9		1,1		1,3		1,9		
7		total		2,8		3		3,6		2,8		3		3,6		
8	Preț cost energie electrică livrată de la centrală (7×1/4)		lei/MWh	70		~50		36		140		100		72		
9	Preț de cost pentru energie la consumator	în incinta centralei electrice	lei/MWh	72		51		37		143		102		74		
10			lei/Gcal	84		59		43		166		120		86		
11		la 150km de centrală (poz. 8 multiplicat cu 1,42 /0,71 conform normativ M.E.E. PE 011/82)	lei/MWh	140		100		72		280		200		144		
12			lei/Gcal	163		116		84		325		232		167		
13	Consum total de energie (inclusiv energia înglobată în investiții)	pentru consumatori în incinta centralei electrice	tcc/mil. lei	50	100	50	100	100	150	50	100	50	100	100	150	
14			tcc/Gcal/h	300	600	300	600	600	900	600	1200	600	1200	1200	1800	
15			kgcc/Gcal	2,5	5	1,7	3,3	2	3	5	10	3,3	6,7	4	6	
16			Gcal/Gcal	0,02	0,04	0,01	0,02	0,01	0,02	0,04	0,07	0,02	0,05	0,03	0,04	
17		pentru consumatori la 150 km de centrala electrică	tcc/mil. lei	50	100	50	100	100	150	50	100	50	100	100	150	
18			tcc/Gcal/h	340	680	340	680	680	1020	656	1310	656	1310	1310	1966	
19			kgcc/Gcal	2,8	5,7	1,9	3,8	2,3	3,4	5,5	11	3,6	7,3	4,4	6,6	
20			Gcal/Gcal	0,02	0,04	0,01	0,03	0,02	0,02	0,04	0,08	0,03	0,05	0,03	0,05	

În calcule nu este cuprins în consumul total de energie și cel de energie hidraulică.

hidroelectrice izolate. Considerînd că un apartament convențional consumă anual (și pentru încălzire) circa 10 Gcal/an, pentru prețul energiei de 200 lei/Gcal costul total anual ar fi de 2000 lei/an, deci acceptabil. Dacă prețul de cost ajunge la 1000—2000 lei/Gcal, costul total anual devine de 10 000—20 000 lei/an, ceea ce pune acceptabilitatea sub semnul întrebării.

Prețul de cost nu este singurul factor hotărîtor, ci și consumul de energie.

În situațiile în care consumul specific de energie (inclusiv cea înglobată în investiții, dar fără cea solară și cea hidraulică) are valori de peste 0,30 Gcal/Gcal, se pune problema dacă mai este oportun a realiza astfel de instalații și dacă nu este mai bine a utiliza energia primară, corespunzătoare, direct la prepararea apei calde, fără a mai realiza instalații solare sau centralele hidroelectrice cu astfel de caracteristici.

Cînd consumul de energie ajunge la 1 Gcal/Gcal sau mai mult, soluțiile sînt evident, păgubitoare.

Prin parametrizarea investițiilor specifice, a energiei înglobate în investiții și a duratelor de utilizare anuală a instalațiilor, analiza tehnico-economică prezentată este valabilă pentru o plajă mare de variante posibil de realizat

lul 2

sumului total de energie funcție de investiția specifică, durata anuală de utilizare și de energia înglobată, considerînd durata de debitului nominal de 1 Gcal/h

50000						100 000						150 000					
60 000						120 000						180 000					
63 500						126 500						189 500					
2000		3000		5000		2000		3000		5000		2000		3000		5000	
1,7		1,7		1,7		1,7		1,7		1,7		1,7		1,7		1,7	
1,1		1,3		1,9		1,1		1,3		1,9		1,1		1,3		1,9	
2,8		3		3,6		2,8		3		3,6		2,8		3		3,6	
700		500		360		1400		1000		720		2100		1500		1080	
714		510		367		1428		1020		733		2142		1530		1102	
830		592		427		1660		1190		850		2490		1780		1280	
1400		1000		720		2800		2000		1440		4100		3000		2160	
1630		1160		835		3250		2320		1670		4770		3490		2520	
50	100	50	100	100	150	50	100	50	100	100	150	50	100	50	100	100	150
3000	6000	3000	6000	6000	9000	6000	12000	6000	12000	12000	18000	9000	18000	9000	18000	18000	27000
25	50	17	33	20	30	50	100	33	67	40	60	75	150	50	100	60	90
0,18	0,35	0,12	0,23	0,14	0,21	0,35	0,70	0,23	0,47	0,28	0,42	0,52	1,05	0,35	0,7	0,42	0,63
50	100	50	100	100	150	50	100	50	100	100	150	50	100	50	100	100	150
3170	6350	3170	6350	6350	9520	6320	12650	6320	12650	12650	18970	9470	18950	9470	18950	18970	28420
26	53	18	35	21	32	52	105	35	70	42	63	78	157	52	105	63	92
0,18	0,36	0,13	0,25	0,15	0,22	0,36	0,73	0,24	0,49	0,29	0,44	0,55	1,10	0,36	0,73	0,44	0,64

și pentru consumatori termici care funcționează sezonier sau în tot cursul anului (în cazul în care ar fi nevoie să se realizeze și o altă sursă de energie pentru apa caldă, atunci cînd nu se dispune de energie solară suficientă, această nouă sursă poate fi cu combustibili, cu energie electrică sau cu oricare alte categorii de resurse, cu centrale hidroelectrice interconectate sau izolate, după caz.

De exemplu, în cazul în care centrala termică solară ar putea alimenta consumatori numai cu o durată de utilizare anuală a capacității nominale de 400 h/an și centrala hidroelectrică ar funcționa interconectat și ar avea o durată de utilizare anuală a puterii instalate de 2500 h/an, se compară prețul energiei termice obținut la centrala solară la 400 h/an utilizare cu cel din cazul încălzirii apei cu energie electrică produsă în CHE cu durata de utilizare de 2500 h/an. Pentru consumatori termici izolați și centrale hidroelectrice izolate, comparația se face după caz, pentru durate de utilizare egale la CT solară cu cele de la CHE.

Datele de bază luate în considerație au valabilitatea prezentului și ele trebuie schimbate în măsura în care viitorul le va modifica.

Din materialul prezentat trebuie trasă concluzia că pentru a face cît mai competitive instalaţiile solare, este necesar în continuare a căuta căi de reducere a investiţiilor specifice şi a consumurilor de energie înglobate în investiţii, precum şi de creştere a energiei termice produse anual pe unitate de suprafaţă de captatoare solare.

Bibliografie

[1] Lup, L. *Condiţii de oportunitate a utilizării energiei solare în centrale termoelectrice sau termice.* În: Energetica, nr. 2/1982, p. 69—76.

[2] Dănescu, Al., Bucurenciu, St., Petrescu, St. *Utilizarea energiei solare.* Editura Tehnică, Bucureşti, 1980.

[3] Moraru, D., Popescu, Cr. *Generatoare solare.* Editura Ştiinţifică şi Enciclopedică, Bucureşti, 1978.

[4] M.E.E., PE 011—1982. *Normativ privind calculele comparative tehnico-economice la instalaţiile de producere, transport şi distribuţie a energiei electrice şi termice.*

(Primit la 18 mai 1983, acceptat la 19 noiembrie 1984)

Compensatoare statice rapide, mijloace eficiente de combatere a perturbaţiilor produse de cuptoare electrice cu arc

Ing. Emanoil Cocoş, ing. Horia Măriеş, ing. Marius Popescu*

Introducere

În industria siderurgică, cuptoarele electrice cu arc (CEA) reprezintă soluţia cea mai modernă în producerea, cu maximă eficienţă, a oţelurilor de calitate superioară, datorită principalelor avantaje pe care le oferă : concentrarea puterilor mari, uşurinţa instalării, obţinerea unor temperaturi înalte, viteze mari de încălzire, productivitate ridicată, posibilitatea folosirii fierului vechi recuperat etc. Apar însă şi unele dezavantaje ca : supraîncălziri locale care dăunează căptuşelii cuptorului, impurificarea băii metalice cu materialul electrodului, funcţionarea la curenţi foarte mari, impusă de tensiunea relativ scăzută pe arcul electric ceea ce complică realizarea circuitului de alimentare la puterile mari solicitate etc.

Pe plan mondial se constată o tendinţă de promovare continuă a CEA, manifestată atît prin creşterea numărului de utilaje instalate, cît şi prin creşterea puterilor unitare ; CEA exploatate în regim UHP (Ultra High Power) cu capacităţi de peste 100 tone de oţel pe şarjă şi puteri unitare în jur de 100 MVA, devenind în prezent realităţi curente.

Din punctul de vedere al furnizorului de energie electrică, CEA prezintă două aspecte distincte : pe de o parte, el constituie un mare consumator — circa 500 kWh/tonă de metal topit — a cărui alimentare cu energie electrică trebuie să satisfacă exigenţele specifice marilor consumatori, iar pe de altă parte el constituie *un receptor puternic perturbator* şi din acest motiv racordarea lui la reţea trebuie făcută în anumite condiţii [1, 2, 3, 4, 5].

În ultimii ani, pe marile platforme siderurgice din ţara noastră au fost date în exploatare cuptoare electrice cu arc de mare capacitate (100 t) pentru elaborarea oţelului în regim UHP [14]. Asemenea utilaje sînt alimentate prin transformatoare de 45—50 MVA/unitate şi realizează consumuri specifice între 600 şi 850 kWh/tona de metal topit. Există şi alte tipuri de CEA cu capacităţi unitare mai mici (5—50 t), care pun proiectanţilor şi beneficiarilor aceleaşi probleme complexe şi dificile privind compensarea puterii reactive în condiţiile unui puternic regim deformant, caracteristic, pe care îl induc CEA [15, 16].

Se reamintesc cîteva particularităţi ale funcţionării CEA, de care depind concepţia şi exploatarea acestora [6] :

— curba de sarcină se caracterizează prin variaţii ciclice ; la începutul topirii, timp de 1—3 ore, CEA funcţionează la sarcină nominală, apoi la afinare puterea scade de 2—3 ori timp de 1—2,5 ori durata topirii, ca în final, CEA să fie decuplat timp de 0,5—1 ore pentru evacuarea şarjei şi reîncărcare, după care ciclul se repetă ;

— factorul de putere trebuie să fie scăzut (spre 0,7), cel puţin în etapa de început a fazei de topire, pentru a asigura o funcţionare stabilă ;

— factorul de putere mediu $\cos \varphi_T = E_P / \sqrt{E_P^2 + E_Q^2}$ variază între 0,8 şi 0,9 şi descreşte odată cu mărirea capacităţii cuptorului ;

— tensiunea cea mai ridicată aplicată electrozilor trebuie să fie suficient de mare pentru a asigura cuptorului alimentarea la puterea prevăzută, iar tensiunea cea mai scăzută trebuie să fie atît de redusă, încît să asigure stabilitatea arcului la puterile mici solicitate pentru menţinerea cuptorului la o temperatură corespunzătoare fluidităţii metalului topit ;

* Ing. Emanoil Cocoş este lector la C.P.L. M.E.E.—Constanţa, ing. H. Măriеş este proiectant la C.I.R.E.-S.C.P., ing. Marius Popescu este cercetător ştiinţific la ICEMENERG.

— curenții absorbiți de cuptor sînt de valori foarte mari și implică, în consecință, necesitatea unor reactanțe de valori cît mai mici ale conexiunilor la portelectrozi și cît mai apropiate ca mărime, pentru a asigura simetria sarcinii (în practică, nesimetria fazelor, în sarcină, atinge totuși 10%).

1. Implicațiile funcționării CEA asupra rețelei de alimentare

Cei trei electrozi ai CEA sînt dispuși simetric, deasupra șarjei din cuva circulară a cuptorului. Amorsarea arcului începe printr-un scurtcircuit între doi electrozi aflați în contact cu șarja, după amorsare arcul fiind alungit prin retragerea electrozilor. În cazul CEA exploatate în regim UHP, arcul este menținut cît mai scurt posibil, în scopul menajării învelișului refractar al cuptorului și pentru focalizarea căldurii produse. În timpul topirii au loc prăbușiri ale șarjei și arcul se poate întrerupe frecvent. Pentru a facilita reamorsarea arcului, se dimensionează inductanța circuitului de alimentare a CEA, între secundarul transformatorului de alimentare și cuvă, astfel încît defazajul curent-tensiune să asigure, la trecerile prin zero ale curentului, o tensiune disponibilă cît mai ridicată (fig. 1).

În acest mod, reamorsarea arcului are loc relativ ușor și el devine mai stabil în timpul topirii șarjei. Cu toate acestea, fluctuațiile arcului electric rămîn rapide și brutale, pînă în momentul în care șarja este în întregime lichidă și pînă cînd începe procesul de afinare.

Rezumînd, la un cuptor electric amorsarea arcului este un fenomen aleatoriu, puternic influențat de compoziția șarjei, de distanța șarjă-electrozi, de natura gazului format, de temperatura și gradul de ionizare al acestuia etc. Fenomenul deosebit de complex al amorsării

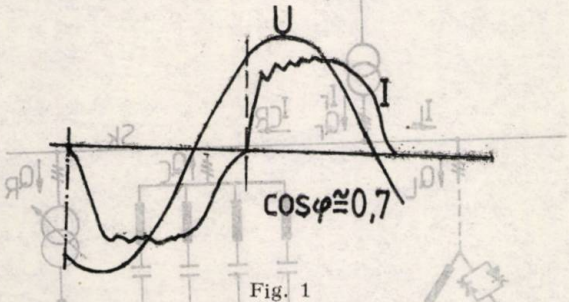


Fig. 1

și dezamorsării arcului electric dă naștere la perturbații specifice în rețeaua de alimentare [6]:

— fluctuații aleatorii de cerere de putere reactivă, avînd un spectru larg amplitudine-frecvență (cuprinsă între 0 și 25 Hz), care generează variații de tensiune răspunzătoare pentru fenomenul de flicker (pîlpîire) (fig. 2);

— consum dezechilibrat de putere activă și reactivă;

— generarea curenților și tensiunilor armonice (spectru discret) și nearmonice (spectru continuu).

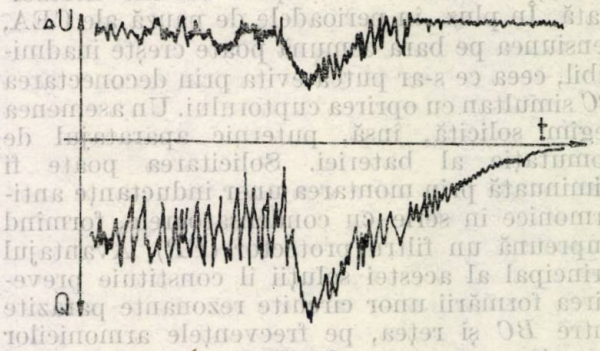


Fig. 2

2. Principii și mijloace de compensare a puterii reactive și a perturbațiilor produse de CEA

Compensarea puterii reactive absorbite de un consumator deformant trebuie să ofere totodată și cheia compensării deformațiilor induse de acesta în rețeaua de alimentare, întrucît ambele se obțin cu aceleași mijloace tehnice și posedă o bază comună de justificare economică.

Compensarea perturbațiilor nu vizează eliminarea cauzelor care le generează, ci atenuarea lor în zona de producere. Această atenuare poate fi realizată în diverse grade, depinzînd de natura și complexitatea echipamentelor folosite.

În cazul CEA sînt bine cunoscute două categorii de mijloace de compensare: compensatoarele rotative (sincrone) și compensatoarele statice (baterii de condensatoare și reactanțe amenajate în diverse scheme). Compensatoarele sincrone reprezintă, în momentul de față, o tehnică depășită, în curs de substituire, datorită unor dezavantaje specifice: viteză de răspuns prea redusă pentru a compensa eficient variațiile rapide de putere reactivă cerute de CEA, imposibilitatea compensării separate pe fiecare fază, necesitatea instalării, suplimentar, a unor filtre absorbante de armonici, costuri de investiție și de exploatare ridicate etc.

Bateriile de condensatoare și reactanțele (*BCR*) constituie compensatoare statice de putere reactivă și de perturbații ale calității energiei electrice, utilizabile în cinci moduri:

— *BC* cu capacitate fixă;
— *BC* comutabilă în trepte;
— *BC* fixă și *R* saturabile;
— *BC* fixă și *R* comutate prin tiristoare;
— *BC* amenajată ca filtre absorbante de armonici și *R* comandate prin tiristoare.

2.1. Baterie de condensatoare cu capacitate fixă

În acest caz, compensarea este calculată pentru puterea reactivă medie. Problema perturbațiilor induse de cuptor rămîne nerezolvată. În plus, în perioadele de pauză ale CEA, tensiunea pe bara comună poate crește inadmisibil, ceea ce s-ar putea evita prin deconectarea *BC* simultan cu oprirea cuptorului. Un asemenea regim solicită, însă, puternic aparatajul de comutație al bateriei. Solicitarea poate fi diminuată prin montarea unor inductanțe antiarmonice în serie cu condensatoarele, formînd împreună un filtru protector (*FP*). Avantajul principal al acestei soluții îl constituie prevenirea formării unor circuite rezonante parazite între *BC* și rețea, pe frecvențele armonicilor superioare generate de cuptor, cu efecte distructive îndeosebi asupra condensatoarelor. Varianta cu *BC* de capacitate fixă se uzitează, de regulă, ca mijloc complementar în celelalte soluții.

2.2. Baterie de condensatoare comutabilă în trepte

Sistemul consistă în conectarea unui număr potrivit de trepte de reglaj rezultate din fracționarea *BC* și racordate separat la bara comună prin contactoare comandate de un regulator de tensiune și putere reactivă. Soluția modernă o reprezintă însă punerea în circuit și scoaterea din circuit a unităților de condensatoare cu ajutorul tiristoarelor. Comutarea se poate face foarte rapid, fază cu fază. Treptele de reglaj se dimensionează astfel încît variațiile de tensiune ce apar la comutarea lor să fie inferioare pragului de percepere de 0,25% (evitarea fenomenului de flicker (pilpîire)).

Punerea în circuit a unităților de condensatoare se efectuează astfel încît să nu apară fenomene tranzitorii. Pentru aceasta, unitățile în așteptare se preîncarcă la o tensiune continuă egală cu amplitudinea tensiunii alternative, iar conectarea se efectuează la trecerea prin zero a curentului (cînd tensiunea atinge valoare maximă); deconectarea are loc într-un moment similar. Metoda previne apariția unui regim deformant propriu comutației elementelor reactive și totodată protejează condensatoarele. Amenajarea treptelor *BC* ca filtre protectoare constituie soluția curentă, cu avantajele cunoscute.

Acest tip de compensator static este, evident, mai complex și costisitor față de varianta anterioară, însă anihilează, practic, perturbațiile induse de CEA. Mai avantajoasă sub aspect economic apare aplicarea combinată a ambelor metode, soluție frecvent întîlnită.

2.3. Baterie de condensatoare fixă și reactanțe saturabile

Compensatorul cu reactanță saturabilă este cel mai vechi tip de dispozitiv static. Nu comportă nici un sistem de reglaj, singura funcție realizată — stabilizarea tensiunii — bazîndu-se pe particularitatea bobinelor cu miez de fier saturat. Montajul cuprinde o *BC* înseriată cu o bobină cu miez de fier, care se saturează progresiv, cînd tensiunea la borne tinde să crească peste o anumită valoare. Ansamblul *BCR* absoarbe un curent reactiv de valoare variabilă în raport cu tensiunea aplicată. Metoda oferă avantajul simplității, însă, dat fiind că reactanța urmărește valoarea tensiunii, care variază mai puțin decît puterea reactivă a cuptorului, controlul nu poate fi la fel de precis ca în cazul metodelor prezentate anterior. Se mai pot enumera ca dezavantaje: pierderile în bobine relativ ridicate, manifestarea unui regim deformant propriu reactanței saturate, necesitatea unui transformator de reglaj pentru corelare cu nivelul de tensiune al rețelei, nivel sonor ridicat al bobinei. Evident, compensarea puterii reactive trebuie efectuată de o *BC* cu capacitate fixă.

2.4. Baterie de condensatoare fixă și reactanțe comandate prin tiristoare — compensatorul static rapid

Această soluție reprezintă astăzi optimul economic cunoscut, fiind realizată practic din două părți principale [7, 8, 9, 10, 11, 12]:

— *BC* fixă, amenajată parțial pînă la total în filtre absorbante acordate pe principalele armonici;

— un ansamblu cuplat în triunghi, avînd în fiecare latură o *R* înseriată cu tiristoare în montaj antiparalel (fig. 3).

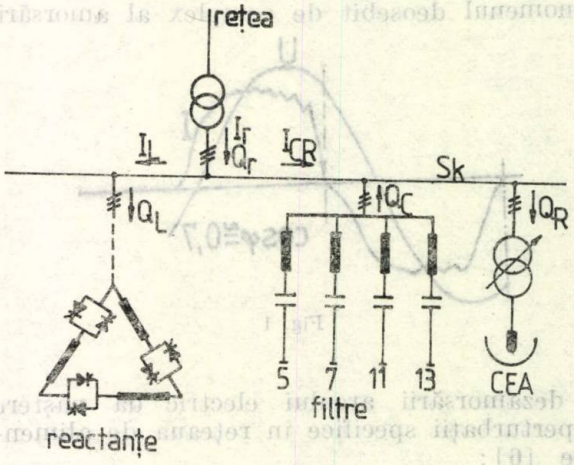


Fig. 3

Consumatorul perturbator racordat la o bară caracterizată prin puterea de scurtcircuit S_K absoarbe o putere reactivă fluctuantă de la

zero la o valoare Q_R, care provoacă o variație de tensiune exprimată prin relația simplificată (1):

$$\frac{\Delta U}{U_0} \cong \frac{Q_R}{S_K}. \quad (1)$$

Făcînd abstracție pentru moment de *BC*, ansamblul de *R* trebuie să reacționeze astfel, funcție de modul de reglaj adoptat, încît să fie satisfăcută într-o anumită plajă condiția ca variația de putere reactivă să fie nulă, deci implicit și variația de tensiune să fie nulă:

$$Q_L + Q_R = Q = \text{const.} \quad (2)$$

Impunînd o anumită limită pentru variația maximă de tensiune admisă în punctul de racord se poate deduce puterea necesară de instalat în ansamblul de *R*:

$$Q_{LN} = Q_{R\,max} - \frac{\Delta U_{max}}{U} S_K. \quad (3)$$

În acest fel, variațiile de tensiune vor fi limitate însă nivelul mediu al puterii consumate va fi aproximativ egal cu Q_L, deci devine necesară ameliorarea factorului de putere. Acest lucru se realizează prin adăugarea *BC*.

În cazul în care P_R este puterea activă medie absorbită de consumator și cos φ_N este factorul de putere impus, puterea reactivă ce va fi preluată din rețea rezultă din:

$$Q_R = P_R \operatorname{tg}\varphi_N. \quad (4)$$

Puterea reactivă minimă care urmează să fie furnizată de către *BC* este dată de relația:

$$Q_C = Q_{Rmax} - P_R \operatorname{tg}\varphi_N. \quad (5)$$

Compensarea optimă va fi realizată dacă se îndeplinesc condițiile limită:

$$Q_{LN} = Q_{Rmax} = Q_C. \quad (6)$$

La compensare optimă variațiile de tensiune devin teoretic nule, iar factorul de putere va fi apropiat de unitate [9].

2.5. Baterie de condensatoare comutată prin tiristoare și reactanțe comandate prin tiristoare

Această soluție constituie cel mai complex compensator static, însă față de soluția prezentată la pct. 2.4. prezintă următoarele dezavantaje [12]:

— sînt necesare filtre de armonici suplimentare fiindcă *BC* comutată prin tiristoare nu poate fi amenajată ca filtre;

— pierderi crescute în plaja capacitivă;

— cost foarte ridicat.

3. Elementele constructive ale unui compensator static rapid

Tiristoarele utilizate pentru puteri $Q_{LN} \geq$ $\geq$15 MVAr sînt de mari dimensiuni — diametrul capsulei circa 75 mm — și permit un transfer de putere de circa 500 kVAr pe unitate, datorită, atît unei rezistențe termice capsulă-mediu ambiant reduse, cît și datorită răcirii cu apă sau ulei. Pentru tensiuni inverse repetitive maxime de 25 kV se înseriază 7 pînă la 10 tiristoare. În afara protecției împotriva supratensiunilor realizată prin circuite uzuale *RC*, fiecare tiristor este protejat printr-un circuit special care tinde să-l amorseze atunci cînd este supus la supratensiuni în sens direct mai mari decît cele admisibile.

Pentru puteri medii, $Q_{LN} \leq 15$ MVAr, este mai economic să se utilizeze montaje cu tiristoare în paralel și răcite forțat cu aer. Aceste tiristoare sînt de dimensiuni medii — diametrul capsulei circa 50 mm — permit un transfer de putere de circa 300 kVAr pe unitate și au tensiunea repetitivă inversă maximă egală cu circa 2,5 kV. Deși tendința este ca în instalațiile MT să se elimine siguranțele fuzibile, totuși, în cazul montajului cu tiristoare în paralel se utilizează siguranțe ultrarapide, care permit eliminarea din circuit a unui element defect [9].

Pentru transformatoare și reactanțe se utilizează în principal două soluții [9]:

În soluția JT, transformatorul este clasic, avînd bobinajul primar în triunghi, iar bobinajul secundar — locul de legare al tiristoarelor — în stea cu conductor neutru.

Inductanțele bobinate solenoidal, fără miez magnetic, sînt dispuse, din rațiuni de simetrie, vertical, alcătuind laturile unui triunghi echilateral, avînd izolația și răcirea în aer.

În soluțiile MT se realizează un transformator cu tensiunea de scurtcircuit mărită ($u_k = 50\%$), suprimîndu-se astfel inductanțele și diminuînd numărul de conexiuni necesar. O altă soluție MT posibilă constă în conectarea directă a ansamblului bobine-tiristoare la barele colectoare, fără transformator intermediar. Deși soluția pare să fie mai avantajoasă fiindcă transformatorul intermediar este înlocuit cu inductanțe în aer, totuși gabaritul și prețul cresc datorită faptului că tensiunile de izolație ridicate conduc la necesitatea împărțirii inductanței de pe o fază în două elemente repartizate înainte și după grupul de tiristoare. *BC* utilizată în cazul compensatoarelor statice rapide (*CSR*) trebuie să fie aleasă și dimensionată în mod similar ca în cazul instalațiilor de filtrare clasice, verificîndu-se totodată și antirezonanța rețea-condensatoare.

4. Principii de comandă-reglaj

La CEA funcționînd în regim dinamic, cererea de putere reactivă poate fi simetrică, repartizată în mod egal pe cele trei faze, sau nesimetrică și are o natură aleatorie : amplitudinea și frecvența variațiilor sînt practic imprevizibile în interiorul anumitor limite.

Regulatoarele utilizate pentru a comanda impulsurile de amorsare ale tiristoarelor sînt concepute fie pentru a regla consumul mediu de putere reactivă prin conservarea unui factor de putere dorit (regulatoare $\cos\varphi$ = const.), fie pentru a stabiliza puterea reactivă independent de puterea activă (regulatoare Q = const.). În acest din urmă caz variațiile de tensiune rămîn de asemenea constante [10].

Schema monofilară prezentată în figura 3 permite disocierea organului reglat (ansamblul de reactanțe) de consumatorul perturbator în care se poate include și *BC*. Se obține astfel schema bloc în buclă deschisă prezentată în figura 4 în care mărimile de intrare sînt tensiunile de poartă de amorsare ale tiristoarelor, iar mărimile de ieșire sînt curenții de alimentare în punctul de racord.

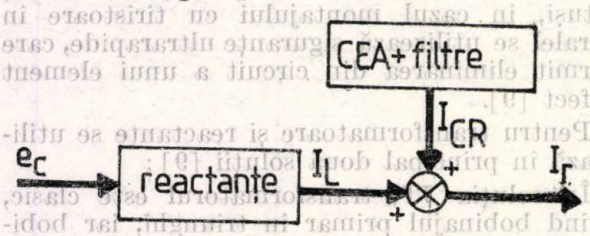


Fig. 4

O problemă importantă care trebuie rezolvată în cazul reglării este aceea a măsurării puterii reactive. Experiența a demonstrat că, în cazul sarcinilor rapid variabile cum sînt CEA, măsurarea puterii reactive prin metoda eșantionării este insuficient de rapidă în comparație cu timpul global de răspuns dorit. Din acest motiv, în majoritatea aplicațiilor se adoptă o metodă de măsurare analogică, care sacrifică într-o oarecare măsură gradul de precizie în folosul rapidității [10].

Schema bloc de reglaj propriu-zisă în cazul CSR utilizate pentru limitarea perturbațiilor produse de CEA este prezentată în figura 5.

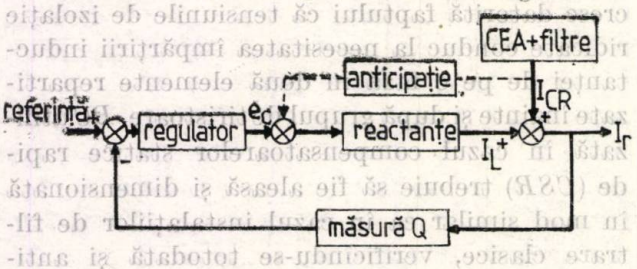


Fig. 5

Pentru realizarea compensării exacte a energiei reactive ar putea fi utilizată schema în buclă închisă reprezentată în figura 5 prin linii pline.

Regulatoarele sînt de tip PI (proporțional-integral) și fiecare regulator este însărcinat cu comanda unei faze, în funcție de gradul de încărcare al celorlalte două faze.

În cazul CEA, pentru obținerea unui timp de răspuns sub 20 ms, se adaugă o buclă de anticipație constituită dintr-o măsură a curenlui de sarcină. Se urmărește astfel ca în fiecare moment suma dintre curentul prin inductanță și componenta reactivă a curentului de sarcină să fie nulă.

Concluzii

Datorită dezvoltării componentelor electronicii de putere, compensarea rapidă prin procedee statice a perturbațiilor în rețelele industriale și de distribuție poate fi realizată într-un mod eficace și din ce în ce mai economic.

Prin proprietatea de a limita sau anula cererea de putere reactivă în punctul de racord, CSR reduc fenomenul de flicker (pîlpîire), variațiile de tensiune, ameliorează factorul de putere, reduc dezechilibrele de sarcină, reduc poluarea cu curenți armonici a rețelei etc.

Fiindcă utilizarea CSR conduce la reducerea de circa 5 ori a dozei de flicker (pîlpîire), este posibilă racordarea la rețea a 5 CEA cu cel care producea înainte de compensare doza de flicker (pîlpîire) admisibilă, fără a se crește puterea de scurtcircuit la bara critică.

În sfîrșit, utilizarea unui regulator al factorului de putere, simultan sau nu cu reducerea flickeruliui (pîlpîirii) permite economii importante în furnizarea energiei reactive, ceea ce conduce la o rată de amortizare scăzută a investiției necesitate de CSR.

Bibliografie

[1] Budeanu, C. I. *Puissances réactives et fictives*. Editura I.R.E., București, 1927.

[2] Antoniu, I. S. *Bazele electrotehnicii, vol. 2*. Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1974.

[3] Antoniu, I. S. *Chestiuni speciale de electrotehnică*. Ed. Academiei R.P.R., București, 1956.

[4] Antoniu, I. S. *Der verformende Betriebszustand der energetischen Systeme und die betreffenden Folgen*. Wiss. Zeit. der Elektrotechnik, nr. 9, pag. 1—17, Leipzig, 1967.

[5] Antoniu, I.S., Mihăileanu, C. *O chestiune de prioritate*. In: Energetica, 32 (1984), nr. 1, pag. 14—24.

[6] Sundberg, Y. *Influence du four à arc sur le réseau*. In: ASEA — Revue, 48 (1976), nr. 5, p. 99—111.

[7] Meynaud, P. *Pollution de la tension*. In: RGÉ, 89 (1980), nr. 9, p. 595—611.

[8] Bonnard, G. *Origine et nature des perturbations dans les réseaux industriels et de distribution*. In: RGÉ, 91 (1982), nr. 1, p. 12—20.

[9] Charles, P. *Perturbations des réseaux industriels et de distribution. Leur compensation par des procédés statistiques. 3. — Principe et dimensionnement*. In: RGÉ, 88(1979), nr. 1, p. 49—57.

[10] Boidin, M., Drouin G. *Performances dynamiques des compensateurs statiques à thyristors et principes de régulation.* In: RGÉ, 88 (1979), nr. 1, p. 58–73.

[11] Boidin, M., Compas, M., Henry, X., Bouget, B. *Le stato-compensateur. Un moyen pour limiter les perturbations sur les réseaux électriques.* In: Revue Jeumont-Schneider, 1981, martie, nr. 31, p. 29–36.

[12] Wirth, E., Roesle, B., Sadek, K. *Utilisation du compensateur statique dans les réseaux électriques.* In: Revue Brown-Boveri, 1982, nr. 3, p. 79–84.

[13] Wasowski, A. *Fluctuations de tension (flicker) provoquées par plusieurs fours à arc fonctionnant simultanément.* In: RGÉ, 88 (1979), nr. 3, p. 231–245.

[14] Bărbulescu, Gh. *Unele aspecte ale influenței regimului deformant produs de CEA asupra funcționării acestuia.* Al VI-lea simpozion „Siguranța în funcționare a instalațiilor energetice" — org. de CNIT și M.E.E. între 2 și 4 dec. 1981.

[15] Crețu, Gh. *Regimul deformant și supratensiunile produse de CEA în rețeaua de 35 kV de alimentare a acestora.* În: Energetica, nr. 1–2, 1980.

[16] Boca, P. *Compensarea energiei reactive și eliminarea efectelor deformante în cadrul unei oțelării electrice cu capacitatea de 350 000 t/an.* Studiu IPCM — București, 1981.

(Primit la 3 mai 1984, acceptat la 16 iunie 1984)

BULETIN INFORMATIV

De la Comitetul Național Român al Conferinței Mondiale a Energiei

În perioada 5–11 octombrie 1986 va avea loc la Cannes, în Franța, cel de al 13-lea Congres al Conferinței Mondiale a Energiei, cu care ocazie urmează să se organizeze și o expoziție internațională de centrale și echipament energetic.

Tema generală a sesiunilor tehnice ale Congresului va fi: ENERGIA: NECESITĂȚI ȘI PERSPECTIVE.
Lucrările Congresului vor include următoarele secțiuni:

Secțiunea 1: *Direcții în energetica internațională cu începere din 1970*

- Necesități — resurse: balanțe naționale și regionale.
- Analiza necesităților prin prisma tipului de utilizare.

Secțiunea 2: *Relații între economie, mediu și energie*

- Interacțiuni între opțiunile energetice și factorii social-economici.
- Energia și mediul ambiant.
- Problemele financiare pe care le implică energia.
- Metode de prognoză și planificare.
- Relația dintre economie și energie, luîndu-se în considerație noile tehnologii și evoluția industrială.

Secțiunea 3: *Cooperare tehnică și comercială pe plan internațional*

- Dezvoltarea și orientările fluxurilor de energie.
- Dezvoltarea și orientări în cadrul schimburilor energetice, precum și în dotarea cu centrale și echipamente.

Secțiunea 4: *Spre ce ne orientăm*

- Adecvarea orientărilor tehnologice actuale, precum și a viitoarelor strategii politice la necesitățile și condițiile locale: producția, conversia, distribuția și utilizarea diverselor surse de energie.
- Cercetare și dezvoltare (în legătură cu posibilitățile și speranțele pe care le oferă tehnologiile și tehnicile bine cunoscute în prezent pentru începutul secolului 21).

Specialiștii, membri sau nu ai Comitetului Național Român pentru Conferința Mondială a Energiei, care doresc să participe cu lucrări la această manifestare, trebuie să transmită titlul acestora, precum și o scurtă expunere de maximum 10 rînduri pe adresa secretariatului CNR al CME:

Institutul Central de Cercetări Energetice, Bd. Energeticienilor nr. 8, sector 3, București. Telefon: 21.46.30, interior: 224/234.

Data finală de prezentare a titlurilor și rezumatelor: 15 martie 1985.

De la secretariatul CNR al CME se pot solicita copii ale Programului Tehnic, precum și relații privind eventualele contribuții sau participări la Expoziția Internațională de Centrale și Echipament Energetic.

Manifestări tehnico-științifice internaționale 1985

1. Al 2-lea Colocviu Internațional „Consumatorii și politica energetică — M.E.C.2.
   Locul: Paris, FRANȚA
   Perioada: 10–12.04.1985
   Organizator: C.S.T.B. (Eric Monnier)
   4, Avenue du Recteur Poincaré
   75016, Paris, FRANCE

2. Al 8-lea Congres internaţional de reţele electrice de distribuţie — CIRED.
Locul : UNITED KINGDOM, Brighton
Perioada : 20—24.05.1985
Organizator : CIRED Committee, IEE Conference Services, Savoy Place, LONDON WC 2R OBL , UK

3. Simpozionul CIGRE „Curenţi de mare intensitate în reţele în regimuri normale, de alarmă şi avarie".
Locul : BELGIA, Bruxelles
Perioada : 3—5.06.1985
Organizator : Bureau Central de la CIGRE 112, Boulevard Haussmann 75008 Paris, FRANCE

4. Conferinţa jubiliară legată de împlinirea a „100 de ani de la inventarea transformatorului".
Locul : R.P.U., Budapesta
Perioada : 18—21.06.1985
Organizatori : Uzinele Electrotehnice GANZ şi Asociaţia Electrotehnică Ungară; GANZ VILLAMOSSAGI MÜVEK — 1024, Budapest, Lövöhaz U. 39, UNGARN

5. Conferinţa internaţională CONTROL '85
Locul : UNITED KINGDOM, Cambridge
Perioada : 9—11.07.1985
Organizator : University of Cambridge Conference Service Department IEE Savoy Place London WC 2R OBL, UK

6. Al 5-lea Simpozion internaţional cu tema „Fenomene ale arcului de comutaţie" — SAP '85
Locul : R.P.P., Lódz
Perioada : 24—26.09.1985
Organizator : Institute of Transformers, Electrical Machines and Apparatus — ITMA Technical University of Lódz ul. B. Stefanowskiego 18/22 90—924 Lódz, POLAND

7. Simpozionul internaţional pentru tehnica sistemelor energetice
Locul : R.P.P. Wroclaw
Perioada : 26—27.09.1985
Organizatori : INSTYTUT ENERGOELEKTRYKI, POLITECHNIKA WROCLAWSKA Plac Grundwaldzki 13 50—377 Wroclaw, POLAND

Manifestare tehico-ştiinţifică

A VI-a sesiune de comunicări tehnico-ştiinţifice în domeniul producerii, transportului, distribuţiei şi utilizării raţionale a energiei ce se organizează bienal de către IRE Suceava a fost amînată, din octombrie 1984, pentru luna mai 1985.

Secţiunile sesiunii:

1. Economisirea combustibililor şi energiei în procesul de producere, transport, distribuţie şi utilizare a acesteia. Surse convenţionale şi neconvenţionale de energie.

2. Instalaţii de automatizare, protecţie şi control în sistemele energetice. Conducerea şi siguranţa exploatării sistemelor energetice.

2. Comportarea în exploatare a echipamentelor şi materialelor energetice. Noi soluţii constructive şi de proiectare a instalaţiilor energetice.

Informaţii suplimentare se pot obţine de la IRE Suceava, ing. R. Sfichi — telefon 20.638 sau 21.698/129.

Recenzii

GRECU H. **Surse de deteriorare a instalaţiilor termice sub presiune**. Editura tehnică, Bucureşti, 1984, 84 titluri bibliografice, 271 pag.,

Lucrarea care face obiectul recenziei de faţă îşi propune într-un cadru de ansamblu să integreze o sistemică a cauzelor care produc deteriorarea instalaţiilor sub presiune ca şi metodele de investigare de laborator cu ajutorul cărora cauzele semnalate pot fi detectate preventiv şi eliminate, fie prin repararea subansamblurilor care prezintă defecte, fie prin interdicţia punerii în operă a acestora; de asemenea sînt examinate cauzele defectelor care pot apărea în timpul funcţionării, detectarea şi înlăturarea lor.

Autorul a organizat tema dezbătută pe parcursul a şase capitole, şi anume: I. Introducere; II — Cauzele avariilor şi accidentelor produse la instalaţiile termice sub presiune; III — Defectele ţevilor fără sudură laminate; IV. Defectele tablelor; V. Coroziunea în instalaţiile termice sub presiune; VI. Controlul calităţii în procesul de fabricaţie a instalaţiilor termice sub presiune.

Trebuie remarcat un aspect esenţial în caracterizarea lucrării şi anume faptul că în investigarea calităţii subansamblurilor termice sub presiune sub raportul calităţii lor funcţionale şi de fiabilitate în exploatare se disting două criterii, şi anume:

a) criteriul controlului operaţional pe fluxul tehnologic de la elaborarea metalelor, prelucrarea lor, asamblarea, montajul şi exploatarea;

b) criteriul controlului de laborator utilizînd mijloace complexe de investigare, destinat examinării şi evaluării structurii intime a metalului pieselor mecanice (cum ar fi microscopie electronică, sondă electronică, microscopie, urmărind transformări de fază la cald, încercări de fluaj, dilatometrie şi extensometrie).

După caz, în funcţie de importanţa în ansamblul de lucru, cele două criterii se aplică succesiv, concomitent sau se preconizează suficienţa doar a primului criteriu, întrucît investigaţiile preconi-

zate de către cel de-al doilea criteriu sînt extrem de laborioase și în consecință foarte scumpe.

Rezumîndu-se la explorarea metodelor prevăzute de primul criteriu, în lucrare se urmăresc și se descriu metodologiile și sistemele de control implicate în acest sens. Justificarea unui asemenea punct de vedere se bazează în primul rînd pe rapiditatea cu care se obține informația relativ completă, dar bineînțeles nu definitivă. Al doilea criteriu, în special pentru subansamblurile puternic solicitate termic și mecanic, mai ales în situații cînd pot fi produse incidente tehnice ocazionînd pierderi de vieți omenești și daune materiale și economice, se impune fără discuție și în acest sens modul de aplicare este reglementat legal prin prescripțiile tehnice pentru fiecare caz specific în parte.

Limitarea la explorare doar a prevederilor pe care le-am încadrat în primul criteriu, obiectul de dezbatere al cărții de față se justifică prin faptul că aplicarea investigațiilor conform celor două criterii se face în organizări separate de laboratoare, cu personal instruit în mod special pe cele două specifice diferite.

În concluzie, cartea „Surse de deteriorare a instalațiilor termice sub presiune", cu un obiectiv precis și limitat deliberat se constituie ca un conținut informațional util pentru laboratoare de șantier, secții și ateliere de întreprindere.

Al. Forje — ICEMENERG

ȘTEFAN NIBELEANU, ALEXANDRU ARTINO, SEBASTIAN NAPU. **Instalații de separare a prafului cu electrofiltre**. Editura Tehnică, București, 1984, 351 p.

Lucrarea tratează atît aspecte teoretice ale separării electrice a prafului, cît și probleme legate de construcția, montajul și exploatarea electrofiltrelor.

În primele capitole sînt prezentate bazele fenomenului de încărcare a particulelor cu electricitate ca efect al descărcării de tip corona între electrozii de polaritate diferită, fiind expuse modalitățile prin care are loc încărcarea. Se tratează și depunerea particulelor pe electrozii colectori, evacuarea materialului astfel acumulat și asigurarea continuității fenomenului de separare și depunere. În continuare se analizează problema gradului de separare sau a eficienței unei instalații de separare electrică, precum și influența suprafeței de depunere, a vitezei de migrație și a debitului de gaze. Sînt prezentate detaliat și celelalte elemente constructive ale unui electrofiltru, care influențează gradul de separare, cum sînt : lungimea cîmpului activ, pasul dintre electrozi, tipul electrozilor de emisie și de depunere, construcția sistemelor de scuturare ale acestora.

În continuare sînt tratate instalații de separare electrică, făcîndu-se, pentru început, o clasificare a acestora după diverse criterii, precum și o clasificare a echipamentelor auxiliare. Este prezentată construcția electrofiltrelor orizontale uscate, ce reprezintă tipul cu cea mai largă utilizare. În cadrul acestui capitol sînt expuse — pe larg — diversele soluții constructive ale carcaselor ce intră în componența electrofiltrelor orizontale uscate, precum și a echipamentelor interioare a acestora. Sînt tratate elemente constructive importante, cum sînt : sistemul electrozilor de emisie, sistemul electrozilor de depunere, precum și dispozitive de scuturare ale acestora. Se prezintă la fiecare funcționalitatea respectivă, soluțiile curent utilizate, cît și avantaje și dezavantaje ale acestora date prin comparație. În mod analog, însă, într-un volum de expunere redus, proporțional cu utilizarea mai restrînsă a acestora, sînt prezentate electrofiltrele verticale uscate și electrofiltrele umede. Un capitol este rezervat prezentării unor electrofiltre de construcție deosebită, denumită electrofiltre speciale.

În cadrul lucrării se acordă importanța cuvenită echipamentului electric al electrofiltrelor, căruia îi este destinat un capitol special. Sînt prezentate sistemele de alimentare electrică utilizate curent, precum și metodele de reglare a tensiunii. În continuare sînt expuse date constructive referitoare la elementele importante ce intră în componența echipamentului electric al electrofiltrelor.

Se prezintă considerații asupra dimensionării electrofiltrelor în funcție de datele de temă, un accent deosebit fiind pus pe alegerea și dimensionarea echipamentului electric de alimentare cu reglare automată a tensiunii, în legătură cu modul de împărțire pe cîmpuri a electrofiltrelor și a gradului de secționare.

Un capitol amplu se ocupă de măsurătorile ce se execută la punerea în funcțiune a electrofiltrelor sau pe parcursul exploatării lor, în scopul stabilirii condițiilor de lucru și a performanțelor realizate. Sînt prezentate metodele și aparatura utilizată pentru determinarea : temperaturii, vitezei de curgere, a punctului de rouă apă ale gazelor ce trec prin electrofiltru, precum și procedee de determinare a concentrațiilor de praf, a rezistivității particulelor și gradul de separare al electrofiltrelor.

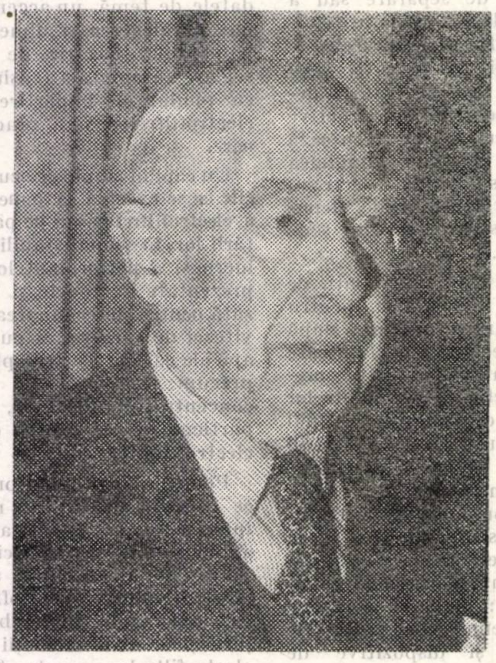
Pentru a veni în ajutorul personalului ce execută lucrări de montaj sau de întreținere și exploatare, un capitol amplu este destinat special acestor activități. În acest cadru se tratează pe larg montarea electrofiltrelor orizontale uscate, de tipul fabricat curent în țară și se dau indicații de montare a electrofiltrelor umede. Se dau noțiuni și îndrumări privind exploatarea și repararea electrofiltrelor, cuprinzînd și elementele de tehnica securității muncii pentru lucrările respective.

În capitolul final sînt expuse modurile de utilizare a electrofiltrelor în diverse procese tehnologice mai des întîlnite, încadrarea lor în aceste procese, condițiile de funcționare, precum și particularitățile constructive pentru fiecare situație în parte.

Notă. La tabelul 7.1. de la pagina 172 în loc de : „Limita de explozie în % vol. în eter" se va citi : „Limita de explozie în % vol. în aer".

Ing. A. Roșu — ICEMENERG

EMIL PRAGER
1888—1985



La 1 februarie s-a stins din viață, în vîrstă de peste 96 de ani inginerul Emil Prager, constructor român de o deosebită valoare, care a contribuit din plin la realizarea multor obiective importante din sectorul energetic.

S-a născut la 31 august 1888. A urmat cursurile Școlii Naționale de Poduri și Șosele din București, unde a avut profesori ca Anghel Saligny, Ion Ionescu, Elie Radu și alții, care, pe lîngă faptul că asigurau o temeinică pregătire tehnică, știau să insufle dragoste pentru profesiune și patriotism.

Emil Prager a fost unul dintre cei care, cu iubire de țară, a dezvoltat și ridicat prestigiul tehnicii românești. A fost unul din primii specialiști din România care a aplicat și îmbunătățit tehnica folosirii betonului armat. Bun organizator, a realizat, prin conducere tehnică directă, o serie de lucrări, dintre care menționăm : clădirea care este actualul sediu al Ministerului Energiei Electrice, centrala electrică de la Florești, centrala Schitu Golești, reconstrucția și mărirea actualului palat al Republicii, palatul actualului sediu al C.C. al P.C.R., instalații portuare, rafinării etc., lucrări care, în afara nivelului tehnic și calitativ ridicat, dovedesc și vederile sale înaintate în privința tehnologiilor avansate folosite și a organizării muncii.

După al doilea război mondial, inginerul Emil Prager a activat aproape 30 de ani în cadrul Ministerului Energiei Electrice. A făcut parte din conducerea Trustului Energoconstrucția, în cadrul căruia și-a adus o valoroasă contribuție, atît la îmbunătățirea soluțiilor constructive, cît mai ales, la organizarea eficientă și economică a lucrărilor și la introducerea tehnologiilor și mecanizărilor înaintate.

În calitate de consilier în Direcția Tehnică a Ministerului Energiei Electrice, inginerul Emil Prager a asigurat cu înaltă competență atît verificarea și avizarea proiectelor noilor obiective ale epocii noastre, cît și expertizarea unor lucrări în execuție și exploatare.

Mărețul program al construcțiilor de centrale electrice a avut în persoana sa un participant competent și perseverent.

Pentru activitatea și contribuția sa la realizarea planului de electrificare, inginerul Emil Prager a fost decorat cu Steaua Republicii Socialiste România.

După pensionarea sa, a continuat să lucreze, publicînd volumul I al Istoriei betonului armat în România, lucrare de referință, apreciată de toți inginerii constructori români și cunoscută peste hotare. Ultimele sale gînduri au reflectat interesul pentru problemele energeticii românești, colaborînd la întocmirea monografiei ISPE–ISPH în curs de elaborare.

Prin activitatea sa neobosită și prin comportarea sa apropiată cu toți colegii le-a fost acestora un exemplu stimulativ.

Prin dispariția sa, țara noastră pierde unul din cei mai mari ingineri constructori, iar cei ce l-au cunoscut sau au lucrat cu el pierd un prieten și un sfătuitor respectat și apreciat.

СОДЕРЖАНИЕ

ЛУМИНИЦА ПОПЕСКУ, ДУМИТРУ БЫКЛЕШЯНУ, КОНСТАНТИН КАЗАКУ, ДАН СТЭНЧУЛЕСКУ, ДАН КИРИЦЭ: Паровые и варочные котлы снабжённые с прямой переталкивающей решёткой. Заключение действия официального (технического) освидетельствования (с изложением на английском языке) 49—52

КОНСТАНТИН БРЭТИЯНУ: Моделирование теплового однонаправленного кондукционного поля с помощью конечных элементов (с изложением на английском языке) 53—60

АЛЕКСАНДРУ ПОЯТЭ, ГЕОРГЕ ДЖЕОРДЖЕСКУ, НИНА ПОЯТЭ, ВИОЛЕТА ЦЭРАНУ, НИКОЛАЕ СУФЛЕЦЕЛ: Возможности использования графиков нагрузки потребителей в исследованиях по развитию и рациональной эксплуатации городских электросетей (с изложением на английском языке) 60—64

ВЛАДУМИР НИКУ: Оптимальный период действия энергетического блока большой мощности между двумя последовательными осмотрами 64—67

ПАВЕЛ БУХУШ, ГЕОРГЕ КОМЭНЕСКУ: Расчёт „общих актуализированных расчётов" в двух гипотезах рассрочки во времени расходов данного отчётного периода (с изложением на английском языке) 67—71

АДРИАН ГОРГАН: Исследования по вопросу целесообразности оценки содержания влаги в изоляции силовых трансформаторов посредством коэффициента абсорбции R_{60}/R_{15} 72—74

АПОЛОН МИХАЙЛОВИЧ: Некоторые случаи по ошибочной работе защиты от напряжений нулевой последовательности на шинах 6 кв гидростанций 74—78

ЛИВИЮ ЛУП: Очередное использование ресурсов гидравлической и солнечной энергии 78—84

ЭМАНОИЛ КОКОШ, ХОРИЯ МЭРИЕШ, МАРИУС ПОПЕСКУ: Быстрые статические компенсаторы — хорошие способы предотвращения помехов от индукционных дуговых электропечей (с изложением на английском языке) 84—89

ОТ РУМЫНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО КОМИТЕТА ВСЕМИРНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ 89

НАУЧНО – ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ 89

РЕЦЕНЗИИ 90

INHALTSVERZEICHNIS

LUMINIȚA POPESCU, DUMITRU BÎCLEȘANU, CONSTANTIN CAZACU, DAN STĂNCIULESCU, DAN CHIRIȚĂ: **Die Reihe der mit Kipprosten versehen Dampf- und Heisswasserkessel. Der Abschluss der Homologierungstätigkeit (mit einer Kurzfassung in Englisch)** 49—52

CONSTANTIN BRĂTIANU: **Die Modellierung anhand von finiten Elementen eines einseitiggerichteten, leitenden thermischen Feldes (mit einer Kurzfassung in Englisch)** 53—60

ALEXANDRU POEATĂ, GHEORGHE GEORGESCU, NINA POEATĂ, VIOLETA ȚĂRANU, NICOLAE SUFLEȚEL: **Anwendungsmöglichkeiten der typischen Lastschaubilder der Verbraucher in den Entwicklungsstudien und für den rationellen Betrieb der städtischen Elektroenergienetzen (mit einer Kurzsfassung in Englisch)** 60—64

VLADIMIR NICU: **Die optimale Betriebesperiode eines Hochleistungsblockes zwischen zwei aufeinanderfolgenden Revisionen** 64—67

PAVEL BUHUȘ, GHEORGHE COMĂNESCU: **Die Berechnung der totalen vergegenwärtigten Ausgaben in zwei zeitlichen Stappelungshypothesen der kalenderbedingten Ausgaben (mit einer Kurzfassung in Englisch)** 67—71

ADRIEAN GORGAN: **Forschungen über die Opportunität der Abschätzung des Feuchtigkeitsgehaltes in der Isolation der Leistungstrafos Absaugekennwert R_{60}/R_{15}** 72—74

APOLON MIHAILOVICI: **Einige Situationen falschen Betriebes des homopolaren Spannungsschutzes auf der 6 kV Schiene eines Wasserkraftwerkes** 74—78

LIVIU LUP: **Die Anwendungsstrategie einiger alternativen Energiequellen: hydraulische und Sonnenenergie** 78—84

EMANOIL COCOȘ, HORIA MĂRIEȘ, MARIUS POPESCU: **Statische Schnellkompensatore, wirksame Mittel zur Bekämpfung der von Lichtbogenöfen erzeugten Störungen (mit einer Kurzfassung in Englisch)** 84—89

VOM RUMÄNISCHEN NATIONALKOMITEE DER WELTENERGIEKONFERENZ 89

INTERNATIONALE TECHNISCH-WISSENSCHAFTLICHE VERANSTALTUNGEN 89

REZENSIONEN 90

SOMMAIRE

LUMINIȚA POPESCU, DUMITRU BÎCLEȘEANU, CONSTANTIN CAZACU, DAN STĂNCIULESCU, DAN CHIRIȚĂ : **Les types de chaudières à vapeur et à l'eau bouillante munies de grille à poussée renversée. Fin de l'homologation (résumé en anglais)** 49—52

CONSTANTIN BRĂTIANU : **La simulation à l'éléments finis d'un champ thermique conductif (résumé en anglais)** 53—60

ALEXANDRU POEATĂ, GHEORGHE GEORGESCU, NINA POEATĂ, VIOLETA ȚĂRANU, NICOLAE SUFLEȚEL : **Possibilités d'utilisation des diagrammes type de charge usagers dans les études de développement et dans l'exploitation des rationnelle des réseaux électriques urbaines** 60—64

VLADIMIR NICU : **La période optimale de fonctionnement d'une tranche énergétique de grande puissance entre deux révisions successives** 64—67

PAVEL BUHUȘ, GHEORGHE COMĂNESCU : **Le calcul des dépenses totales actualisées à l'aide de deux hypothèses d'échelonnement à travers le temps des dépenses calendriéristiques (résumé en anglais)** 67—71

ADRIEAN GORGAN : **Des recherches sur l'opportunité d'estimer le taux d'humidité de l'isolation du transformateur de puissance à l'aide du coefficient d'absorption R_{60}/TR_{15}** 71—74

APOLON MIHAILOVICI : **Quelques situations de faux fonctionnement de la protection homopolaire de tension sur la barre de 6kV d'une centrale hydraulique** 74—78

LIVIU LUP : **La stratégie d'utilisation des ressources alternatives d'énergie : hydraulique et solaire** 78—84

EMANOIL COCOȘ, HORIA MĂRIEȘ, MARIUS POPESCU : **Compensateurs statiques rapides — moyens efficace pour combattre les perturbations produites dans les fours électriques à arc (résumé en anglais)** 84—89

DE LA COMITÉ NATIONAL ROUMAIN DE LA CONFÉRENCE MONDIALE DE L'ÉNERGIE 89

MANIFESTATION TECHNICO-SCIENTIFIQUES 89

COMPTE — RENDUS 90

SUMMARIES

DC : 621.181 :662.61

LUMINIȚA POPESCU, DUMITRU BÎCLEȘEANU, CONSTANTIN CAZACU, DORU STĂNCIULESCU, DAN CHIRIȚĂ : **The Range of Steam and Hot Water Boilers Equipped with an Underfeed Grate. End of the Homologation** *(with a short presentation in English)*

The article deals with the range of boilers equipped with underfeed grates, GIR type, emphasizing the experimental results concerning these boilers homologation.

Comments are made upon the combustion development in these boilers. The objects of a programme intended to improve them are also presented.

[Energetica 33 (1985), nr. 2, p. 49—52]

DC : 528.66 : 518.12

CONSTANTIN BRĂTIANU : **Finite Element Modelling of a Unidirectional Conduction Thermal Field** *(with a short presentation in English)*

This paper presents a numerical model using finite elements for unidirectional thermal fields. It is presented the analytical model which is taken as a basis, the finite element model and a computational example using this numerical model. There are also underlined some advantages of the numerical mode over the analytical one.

[Energetica 33 (1985), nr. 2, p. 53—60]

DC : 621.316.1.004.1

ALEXANDRU POEATĂ, GHEORGHE GEORGESCU, NINA POEATĂ, VIOLETA ȚĂRANU, NICOLAE SUFLEȚEL : **Practicability of the Consumers' Load Diagrams in the Development Studies and in the Urban Electrical Networks Rational Service** *(with a short presentation in English)*

The article deals with a simulation method of the daily load diagrams in the distribution network mesh based on the supplied consumers' typical diagrams.

Load diagrams of the household-urban expenditure of current have been determined by the authors by means of the statistical processing of a great number of recorded diagrams in the urban distribution network mesh.

A series of software programmes using the same data library and allowing the improvement of the urban distribution networks operating conditions is also presented as well as the main indicators determination which characterize the network state under annual specific working conditions (summer and winter during the working days and the rest days).

[Energetica 33 (1985), nr. 2, p. 60—64]

DC : 621.165 + 621.313.12.004.1

VLADIMIR NICU : **Optimum Operating Period of a Great Power Block between Two Successive Inspections**

The author sets out a method for the optimum operating period determination of a great power block between two successive inspections, by applying the criterion for the low fuel consumption. The exposition is illustrated by an evaluation example.

[Energetica 33 (1985), nr. 2, p. 64—67]

DC : 621.311.4.003

PAVEL BUHUȘ, GHEORGHE COMĂNESCU : **The Overall Updated Expensens Estimation in Accordance to two Lagging Hypotheses of the Schedule Expenses** *(with a short presentation in English)*

The possitbility of the decision making optimizing of the power objectives design by means of a proper correlation between the real lagging of the different expenses components and the estimation hypotheses of the overall updated expenses according to each of the analysed solutions.

[Energetica 33 (1985), nr. 2, p. 67—71]

DC : 621.314.222

ADRIEAN GORGAN : **Studies Concerning the Opportunity of the Humidity Content Estimation in the Power Transformers Insulations by Means of the Absorbtion Coefficient R_{60}/R_{15}**

The methods for the insulation state estimation based on the electrical phenomena also include the absorption coefficient R_{60}/R_{15}.

The literature considers that the values that are higher than 1.3—1.5 point to a proper insulation. Of late year values that are closed to the unity have been found and in certain cases at temperatures relatively low the values are subunitary at the well dried transformers. As the time constants of the interface polarization currents are characterized by values of the minutes order, it may be concluded that the times 60 s and respectively 15 s are too close, R_{60}/R_{15} becoming inoperative for the insulation humidity content estimation.

[Energetica 33 (1985), nr. 2, p. 71—74]

D.C. : 621.311.21.001.4.

APOLON MIHAILOVICI : **Some Situations of False Operation of the Tension Homopolar Protection on the Hydropower Station 6kV Bus-Bar.**

The author presents two situations of false operation of the tension homopolar protection on the hydropower station 6kV bus-bar induced by the disequilibrium to the ground of the phases capacity either of the 6 kV system, or of the 20kV one with which the first one is coupled by a transformator.

In the first case the tension homopolar protection operation of the same protection is due to the disconnection failure of one of the phases as a consequence of the hydro generator's switch mechanical damage.

In the second case the homopolar voltage protection operation is determined by a ground connection on one of the 20 kV network phase to which the 6 kV bus is coupled by a transformer.

[Energetica 33 (1985), nr. 2, p. 74—78]

DC : 621.2+562.997.004.1

LIVIU LUP : **Usage Strategy Concerning Some Alternative Energy Resources Hydraulic and Solar Energy**

After a brief analysis of certain main criteria concerning the need of the energy resources use under economic conditions, the article presents :

— elements concerning the solar energy usage possibility ;
— thermal energy production from solar energy and respectively hydraulic energy from electrical power ;
— technical-economic comparison of the two solutions concerning the primary energy use for the thermal energy generation whereby the cases in which the use of only one of the solutions is more convenient are pointed out.

[Energetica 33 (1985), nr. 2, p. 78—84]

DC : 621.313.335 : 621.365.2 : 534.83

EMANOIL COCOȘ, HORIA MĂRIEȘ, MARIUS POPESCU : **Fast Static Compensators — Efficient Devices for the Disturbances Prevention in the Arc Furnaces**

General conditions that must be met by the equipment for the fast static compensation of the reactive power demand in order to simultaneously attenuate the tension oscillations that accompany the reactive power shocks are presented.

The automatic control principles are individualized function of the prescribed value of this up-to-date equipment that assures the electric power quality.

[Energetica 33 (1985), nr. 2, p. 84—89]

FROM THE ROMANIAN NATIONAL COMMITTEE OF THE WORLD ENERGY CONFERENCE 89

INTERNATIONAL TECHNICAL AND SCIENTIFIC SYMPOSIA 89

REVIEWS 90

E R A T Ă

la revista Energetica nr. 1/1985

Pag.	Col.	Rînd	În loc de	Se va citi
14	1	4	$Re' = \frac{P_a V_a}{d^2 + th^2}$	$R'_e = \frac{P_{a_s} V_a}{d^2 + h^2}$
14	2	25	$P_a = 76$ MW $(0{,}958\ P_{ab})$	$P_a = 46$ MW$(0{,}958\ P_{op})$
16	1	6	P_a, V_d, și d	P_a, V_a și d
17	figura 2		3000/1000 V	30000/100 V
21	1	20	(60 MW)	(60 MVA)
21	1	23	$P_u = 12{,}5$ MWA	$P_a = 12{,}5$ MW
21	2	45 ÷ 51	În calculele practice : $e = 400$ kWh/t (determinată experimental) ; $\alpha_1 = 0{,}5 \div 0{,}665$; $\alpha_2 \div \alpha_{k-1} = 1$ $\alpha_{k-1} = \frac{G'_{k-1}}{G_{k-1}} (G'_{k-1} -$ cantitatea rămasă netopită din porția G_{k-1} [12[	$\alpha_{k-1} = \frac{G'_{k-1}}{G_{k-1}} (G'_{k-1} -$ cantitatea rămasă netopită din porția G_{k-1}). În calculele practice : $e = 400$ kWh/t determinată experimental) ; $\alpha_1 = 0{,}5 \div 0{,}665$; $\alpha_2 \div \alpha_{k-1} = 1$ [14]
22	2	19	pierderilor	pierderile
23	figura 6 pe abscisă		9 MVar	90 MVar
24	figura 7, rînd 4		comutatorul cu	comutatorul de

COLEGIUL DE REDACȚIE : **dr. ing. Călin Mihăileanu** (redactor responsabil), **dr. ing. Nicolae Armencoiu** (redactor responsabil adjunct), **dr. ing. Gheorghe Bălan** (redactor responsabil adjunct), **dr. ing. Eugeniu Pavel** (secretar de redacție). **MEMBRI** : **ing. Paul Cartianu, dr. ing. Jean Constantinescu, dr. ing. Mario Duma, dr. ing. Alexandru Florescu, ing. Horia Furtunescu, ing. Nicolae Georgian, ing. Dan Iosifescu, dr. ing. Gheorghe Luca, dr. ing. George Manolescu, dr. chim. Maria Maftei, ing. Ion Măiereanu, ing. Nicolae Niculescu, ing. Mihai Nistor, dr. ing. Teodor Popa, ing. Miron Popescu, dr. ing. Victor Romert, ing. Romulus Sfichi, ec. Gheorghe Ursache, ing. Romeo Zbarcea, dr. ing. Costin Moțoiu, dr. ing. Alexandru Selischi, prof. dr. ing. Alexandru Poeată, conf. dr. ing. Silviu Darie, prof. dr. ing. Viorel Negru**

Revista „ENERGETICA" este editată și administrată de Institutul de cercetări și Modernizări Energetice prin Oficiul de Informare documentară pentru Energetică. **Vasile Plești** (șef OIDE), **Ana Maria Chivu** (redactor)

Revista Energetica este publicație lunară devotată preocupărilor spirituale și realizărilor materiale în domeniul energeticii.

În revista ENERGETICA se publică :

Articole

Informații referitoare la : publicații recente (cărți, reviste), noutăți științifice și tehnice, invenții și inovații, experiență de exploatare, realizări remarcabile, manifestări tehnico-științifice naționale și internaționale (congrese, conferințe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse : cronici, recenzii, discuții la articole publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuțiilor în jurul meselor rotunde.

Instituțiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 — BN R.S.R. Fil. Sector 3. Costul unui abonament : 144 lei anual ; costul unui exemplar : 12 lei.

41 401

ANNOUNCEMENTS FOR READES ABROAD

- **The review "Energetica" can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages**
- **The review "Energetica" proposes a publication exchange with similar reviews and in relating fields**
- **The review "Energetica" provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well**
- **The review "Energetica" publishes on request from authors abroad reports of energy or other materials : technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia, etc. written in one of the worldwide spoken languages**
- **Readers from abroad can subscribe through : ROMPRESFILATELIA — sectorul import-export PO. Box 12—201, telex 10376 prsfir, Calea Griviței nr. 64—66.**

Redacția și administrația : București 79619, Bd. Energeticienilor nr. 8, sect. 3
Telefon : 20.67.30, 21.46.30.
Tiparul : Întreprinderea Poligrafică „Informația", București, str. Brezoianu 23—25, c. 1004

ISPE

MINISTERUL ENERGIEI ELECTRICE
INSTITUTUL DE STUDII ŞI PROIECTĂRI ENERGETICE
BUCUREŞTI 30 • BD. LACUL TEI NR.1 • SECTOR 2
TELEGRAME I.S.P.E. – BUC. TELEX 10.978 – TELEFON 12.19.70

BUCURESTI, Bd. Lacul Tei nr. 1 Tel. 12.19.70; 12.71.41. Telex 10.978 ispe

Institutul de Studii şi Proiectări Energetice (The Institute for Power Studies and Designs), the specialized body of the Ministry of Electric Energy, carries out the following activities:

- Studies concerning the electric power development - planning including the power resources and the meeting of heat and electricity demand at the scale of country, zone, city or industrial area
- Optimization of operation of power system as a whole, reliability of power system and its components, interconnection of power systems, tariff policies, etc.
- Feasibility studies and complete designs for large power projects, namely:
  - thermal power plants on steam or cogeneration including mechanical, electrical, automation, cooling installations civil and architectural works, fuel handling plant, water treatment etc.;
  - transformer substations and transmission lines up to 750 kV;
  - heat supply networks in urban and industrial areas;
  - dispatching and computer centers, control computers in power installations, including programmes and software;
  - information and management projects in the power field by means of electronic computers including technical assistance for analysis and programming.
- Supervision, advice and checking during the erection and commissioning of power installations.

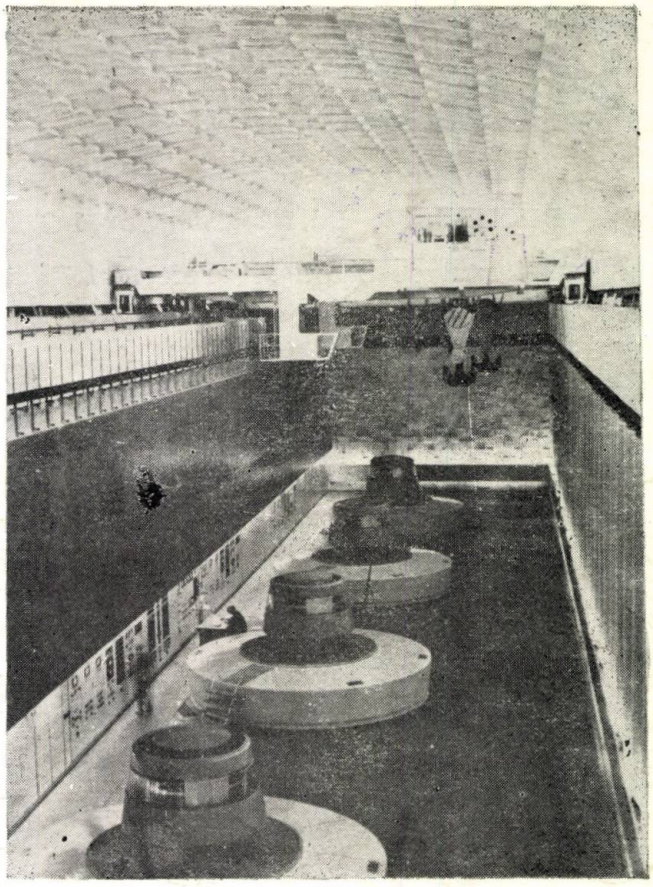
In its 35 years of activity ISPE carried out the designs for more than 30 thermal power plants with a total capacity of about 10,000 MW, for more than 50,000 MVA power substations and for over 7,000 km transmission lines of 220 - 750 kV.

I.S.P.H.

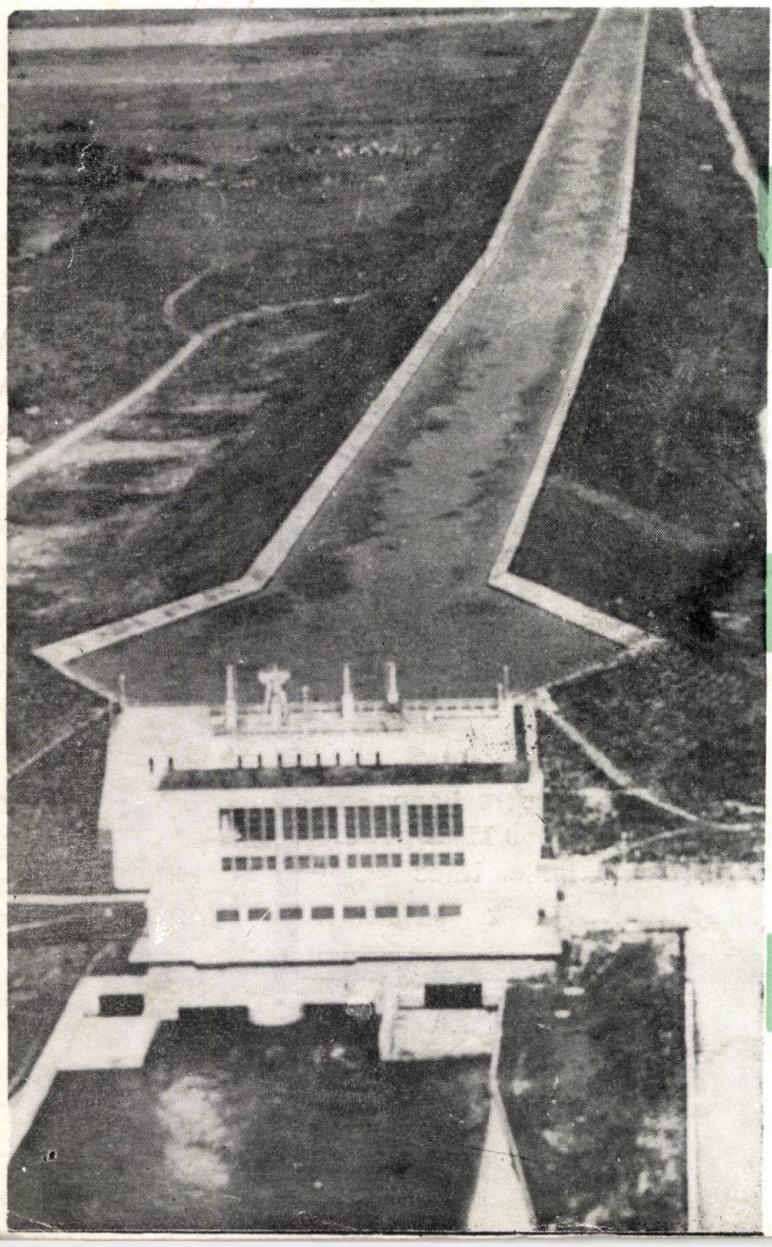
INSTITUTUL DE STUDII ŞI

PROIECTĂRI HIDROENERGETICE

1985 AUG 2 '21



ISPH-Designing Institute with complex profile offers :



RIVER BASIN DEVELOPMENT STUDIES

- hydroelectric developments
- multipurpose hydraulic developments
- special hydraulic structures

SPECIAL ACTIVITIES

- hydrological and hydrogeological studies
- engineering-geological investigations
- geotechnical and geophysical explorations, soil and rock mechanic investigations
- topographical surveys and mapping

SPECIAL SERVICES

- preliminary studies and designs
- feasibility studies
- final designs
- detailed construction drawings
- tender documents and contracts
- inspection and supervision
- expert's reports

29, Republicii Blvd., 79669 Bucharest,
Romania,
Phone 147270, Telex 11-443 i. s. p. h. r.

E 2039
Energia
MW
1985 JUL 2 3

3

Număr special

100 de ani de energetică românească

REFERALVA

Cuprinsul

LUCIA ROȘCA : **Centralele electrice pe bază de cărbune în prezentul și viitorul energeticii românești** 97

DAMIAN GRECOV, ION DINA : **Modelarea transferului de căldură în focare de cazane funcționînd cu combustibili solizi** (*cu prezentare în limba engleză*) 99

TEODOR POPA : **Metodă aproximativă de calcul al înălțimii flăcării de cărbune brun** (*cu prezentare în limba engleză*) 103

ION MÜLLER, TUDOR CIORTAN : **Arderea combustibililor solizi pulverizați în mediu rece (procedeul ST—EN)** 105

VALENTINA BĂLAN, SILVIA PICU : **Cercetarea experimentală privind îmbunătățirea șisturilor bituminoase românești prin spălare în medii dense** (*cu prezentare în limba engleză*) 114

LIVIU COSTEA, TEODOR POPA, LUMINIȚA POPESCU, MIRCEA RĂDULESCU, CRISTIAN TOTOLO : **Experimentarea ligniților cu umiditate ridicată, din bazinul Sf. Gheorghe** 120

ANTON ROȘU : **Recuperarea căldurii reziduale a gazelor de ardere evacuate din cazanele de abur** (*sinteză documentară*) 123

MASĂ ROTUNDĂ 133

CRONICĂ 135

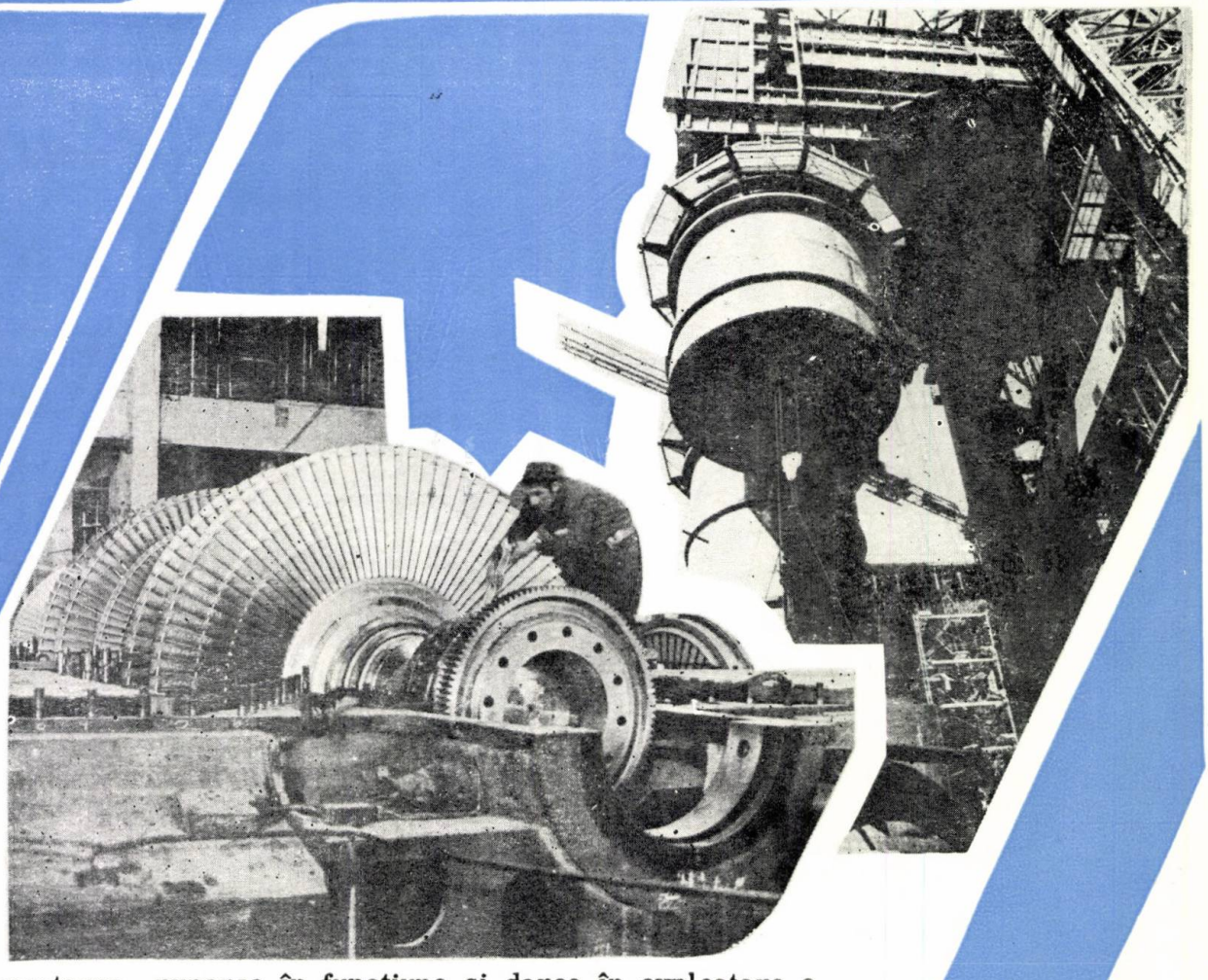
PUNCTE DE VEDERE

CONSTANTIN I. STAICU : **Generalizarea concluziilor demonstrațiilor particulare ale teoremei Fermat** 138

VOLUMUL XXXIII
BUCUREȘTI
MARTIE 1985

energetica

T.A.G. ENERGOMONTAJ



Execută montarea, punerea în funcţiune şi darea în exploatare a echipamentelor şi instalaţiilor energetice pentru centrale termoelectrice şi hidroelectrice

Echipamente şi instalaţii pentru centrale termoelectrice şi centrale electrice de termoficare
- cazane de abur de mare capacitate şi parametri înalţi de funcţionare
- turbine cu abur de puteri unitare pînă la 345 MW
- instalaţii de combustibil pentru cărbuni, păcură, gaze
- alte instalaţii termomecanice şi mecanice aferente centralelor termoelectrice.

Echipamente şi instalaţii pentru centrale hidroelectrice şi instalaţii hidrotehnice :
- turbine hidraulice de orice tip, pînă la puteri unitare de 176 MW, conducte forţate
- echipamente şi alte instalaţii pentru centrale hidro şi termoelectrice
- echipamente şi instalaţii pentru ecluze.

Echipamente şi instalaţii electrice pentru centrale termoelectrice şi hidroelectrice, staţii electrice şi instalaţii speciale :
- instalaţii de comutaţie primară pînă la tensiunea de 400 kV inclusiv
- instalaţii de servicii interne în centrale şi staţii electrice
- instalaţii de comutaţie secundară şi de automatizare.

Bucureşti, Calea Dorobanţi nr. 105, telefon 79.70.20, telex 11355

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

ANUL 33 Nr. 3 martie 1985

Centralele electrice pe bază de cărbune în prezentul şi viitorul energeticii româneşti

Realizarea şi asigurarea funcţionării normale a centralelor electrice pe cărbune inferior constituie prioritatea numărul 1 în prezentul energeticii româneşti. Şi dacă, treptat, locul de primă prioritate urmează să îl ocupe construirea, punerea în funcţiune, însuşirea exploatării şi funcţionarea corespunzătoare, în condiţii de deplină securitate, a centralelor nuclearo-electrice, buna funcţionare a centralelor pe cărbune, a căror construire urmează să fie încheiată în linii mari pînă în 1990, va continua să reprezinte o preocupare majoră. Într-adevăr, în cadrul politicii de diversificare a resurselor energetice şi de depunere a unor mari eforturi — atît de investiţii, cît şi pe linia progresului tehnic — pentru creşterea maximă a producţiei diferitelor tipuri de resurse energetice, prima resursă de alternativă pentru economisirea petrolului şi a gazelor naturale, la noi ca şi în energetica mondială, o constituie, după cum se ştie, cărbunele. În condiţiile unui volum dat al producţiei necesare totale de energie electrică, orice nerealizare a celei pe bază de cărbune se repercutează în mod nemijlocit, dacă nu prin limitări ale livrărilor de energie electrică, cu consecinţele negative bine cunoscute, atunci prin consum suplimentar de hidrocarburi, datorat necesităţii de creştere neplanificată a producţiei de energie electrică în centralele electrice ce folosesc păcură sau gaze naturale.

În „Directivele Congresului al XIII-lea al Partidului Comunist Român cu privire la dezvoltarea economico-socială a României în cincinalul 1986—1990 şi orientările de perspectivă pînă în anul 2000" se prevede realizarea, în anul 1990, a unei producţii de energie electrică de aproape 38 miliarde kWh pe bază de cărbuni şi şisturi bituminoase, faţă de 21,5 miliarde kWh realizate pe bază de cărbuni în anul 1984, adică o creştere cu 76%. Din totalul producţiei de energie electrică, prevăzută pentru anul 1990 la nivelul de 95—97 miliarde kWh, producţia pe bază de cărbune şi şisturi bituminoase trebuie să reprezinte 39—40%, faţă de procentul de 31,6% din anul 1984. Aceste creşteri, precum şi livrările necesare de căldură, urmează să fie asigurate, pe de o parte, prin realizarea unui grad superior de disponibilitate şi siguranţă în funcţionare a centralelor pe bază de cărbune existente, iar, pe de altă parte, prin construirea şi punerea în funcţiune a unui mare număr de centrale electrice de termoficare şi centrale termice pe lignit într-o serie de centre urbane cu mare consum actual de hidrocarburi în scopuri de încălzire — Braşov, Suceava, Iaşi, Craiova, Slatina, Drobeta Turnu-Severin, Giurgiu ş.a. Din 1985 şi pînă în 1990 urmează să fie astfel construite centrale electrice pe bază de cărbune cu o putere de 3432 MW (ceea ce reprezintă jumătate din puterea de circa 7000 MW existentă în centralele pe cărbune la sfîrşitul anului 1984), la care trebuie să adăugăm aproape 1000 MW ce urmează să fie puşi în funcţiune prin folosirea şisturilor.

Înfăptuirea acestui amplu program presupune eforturi pentru soluţionarea unor probleme tehnice de o mare complexitate, dificultate şi diversitate, ce se pot grupa în cîteva direcţii principale.

Mărirea la valori ridicate a disponibilităţii, prin asigurarea funcţionării continue, la parametri nominali, a blocurilor termoenergetice de 330 MW de la termocentralele Rovinari şi Turceni constituie, după cum se ştie, o preocupare ce concentrează un volum important de forţe tehnice, în baza unor programe stabilite în comun pentru Ministerul Energiei Electrice şi Ministerul Industriei Construcţiilor de Maşini; o serie de aspecte necesită participarea altor ramuri — a metalurgiei, a chimiei şi, evident, a industriei extractive de cărbune. Exemplificăm preocuparea pentru asigurarea continuităţii şi a volumului realizat în procesele de preparare a prafului de cărbune, prin perfecţionarea şi creşterea disponibilităţii morilor de cărbune, creşterea durabilităţii ciocanelor acestor mori, realizarea şi utilizarea unor metale cu rezistenţă

suficientă la erodare, reducerea eroziunii prin oenușă volantă a țevilor de cazan și a paletelor ventilatoarelor de gaze arse, și altele; asimilarea (de către MICh) și experimentarea de materiale plastice și rășini sintetice pentru tratarea pîlniilor de deversare, a buncărelor și a altor suprafețe sau zone expuse înfundării pe traseul de transport al cărbunelui. În general, asigurarea rezistenței celor mai solicitate elemente ale echipamentelor la eforturi de natură mecanică și termică, la procese de uzură, coroziune etc., elaborarea metodelor de definire și determinare a solicitărilor respective, de diagnoză și analiză a comportării în condiții de exploatare, constituie și va constitui o problematică de cercetare științifică și de progres tehnic de cea mai stringentă actualitate.

O importanță deosebită prezintă cercetările și măsurile tehnice pentru condiționarea calitativă a lignitului, cu o etapă imediată de menținere a lignitului într-o bandă de calitate stabilă și, în continuare, pentru creșterea calității acestuia. A fost realizată, și se află în stadiu avansat de experimentări, o primă instalație pilot de îmbogățire a lignitului și este de dorit o implicare cît mai susținută a specialiștilor Ministerului Minelor în această acțiune.

Putem grupa, într-o a doua direcție principală de preocupări, pregătirea soluțiilor tehnice pentru *reducerea consumurilor specifice de combustibil* în centralele funcționînd pe cărbune : la o cantitate de cărbune dată, orice reducere de consum specific permite creșterea corespunzătoare a producției de energie electrică realizată. Aici este deschis un larg front de lucru pentru prevenirea și remedierea cauzelor ce determină creșteri de consumuri specifice și consumuri proprii tehnologice, precum și pentru analiza și urmărirea strictă a acestor consumuri și a abaterilor respective, utilizînd larg în acest scop tehnica de calcul electronic pentru realizarea unor modernizări care să permită arderea în mai bune condiții a combustibilului — de exemplu arzătoare speciale, grătare post-ardere și altele.

De o deosebită importanță, în același context, sînt acțiunile pentru *reducerea și chiar eliminarea consumurilor de hidrocarburi de adaos* pentru susținerea flăcării în cazanele ce funcționează cu cărbune. Un exemplu semnificativ îl constituie cercetările, aflate în stadiu avansat de aplicare experimentală în practică cu bune rezultate, privind modernizarea unor cazane din CET Oradea pentru funcționarea lor sigură, la debitul nominal, fără suport de hidrocarburi, pentru cărbune din banda de calitate actuală.

Realizarea noilor centrale electrice de termoficare pe bază de cărbune, deși aflată deja în stadii avansate de proiectare și chiar de execuție, presupune intensificarea lucrărilor, aflate în curs, privind stabilirea unor structuri optime ale instalațiilor tehnologice ale centralelor, precizarea condițiilor de calitate pentru echipamentele ce vor fi folosite, inclusiv pentru omologarea, recepționarea și punerea în funcțiune a acestora. Consider că *asigurarea unei înalte calități funcționale a cazanelor de 420 t/h abur pe bază de cărbune* necesită soluționarea cît mai grabnică, prin eforturile comune ale specialiștilor din construcția de mașini și ale energeticienilor, a tuturor problemelor tehnice încă deschise la ora actuală, pentru a preveni orice întîrziere și deficiențe la punerea în funcțiune a seriei de grupuri termoenergetice ce urmează a fi instalate. De asemenea, atît pentru centralele noi, cît și pentru modernizarea celor existente, sînt de o mare importanță lucrările de elaborare a unor *soluții moderne pentru gospodăriile de combustibil solid* din centrale, inclusiv pentru măsurarea automată a cantității de cărbune (cîntărire automată), pentru determinarea continuă a principalelor caracteristici energetice ale combustibilului, pentru mecanizarea și automatizarea descărcării și manipulării cărbunilor; toate acestea condiționează reducerea unor pierderi de cărbune și introducerea unei evidențe stricte, necesare pentru urmărirea consumurilor, dar și perfecționarea automatizării proceselor energetice, cu efecte directe, privind reducerea consumurilor specifice, creșterea siguranței în funcționare și sporirea productivității muncii.

Cercetarea unor *tehnologii noi, de perspectivă*, pentru valorificarea energetică eficientă a cărbunilor inferiori în centralele electrice — ardere în strat fluidizat, gazeificare integrată în instalații cu ciclu combinat gaze-abur — în colaborare cu specialiștii în echipamente termoenergetice, are drept scop să asigure fondul de soluții tehnice pentru unele dintre instalațiile ce vor fi realizate spre sfîrșitul perioadei, cît și pentru modernizări ale unor instalații, prin reconstruire, acolo unde acest lucru se va dovedi justificat tehnic și economic, în condițiile specifice ale țării noastre, urmărind creșterea randamentelor de conversie a energiei primare în energie electrică și căldură.

Fără a epuiza problematica centralelor pe cărbune, trebuie să arătăm, că aceasta include, ca obiectiv prioritar, după cum se arată în Directivele Congresului al XIII-lea, *„elaborarea unor soluții mai eficiente pentru menținerea calității mediului înconjurător"*, sub toate aspectele — reținerea poluanților emiși în atmosferă, în apele curgătoare, limitarea ocupării terenurilor, precum și valorificarea economic utilă a sulfului, a zgurii și cenușii — în colaborare cu ramurile de specialitate corespunzătoare.

Asigurarea la un înalt nivel tehnic a contribuției proprii de concepție la realizarea programului de valorificare energetică a cărbunilor inferiori constituie o datorie de onoare a specialiștilor, a tuturor oamenilor muncii din energetică, o condiție a îndeplinirii sarcinilor stabilite de Congresul al XIII-lea al P.C.R. privind dezvoltarea energeticii românești.

Ing. Lucia Roșca
Director general al Institutului Central
de Cercetări Energetice

Modelarea transferului de căldură în focare de cazane funcționînd cu combustibili solizi

Ing. Damian Grecov, fiz. Ion Dina*

Descriptori: cazan, focar, transfer de căldură, modelare

Heat Transfer Modelling in Solid Fuel Boiler Furnaces

(Condensed from the paper in Romanian)

The heat transfer in the boiler furnaces and to a great extent the combustion process are directly influenced by the temperature field along the furnace, by the fluid flow process (furnace architecture, location and orientation of burners), by the thermal loading in the furnace, the flue gases recirculation, fuel nature and its preparation method (theoretical combustion temperature, grinding fineness, volatile contents, a.s.o.).

This paper presents an approach to the heat transfer in the furnace calculation on the basis of the residence time distribution of the fuel in the furnace (obtained by the threedimensional and isothermal modelling of the flow process in the furnace) and of the computer determination of the fluid temperature variation in the furnace in a plug-type flow, taking into account the fuel combustion rate, the recirculation factor of the gases in the furnace, the thermal loading of the furnace and cooling rate of gases in the furnace (the Boltzmann criterion).

The residence time distribution of the fuel in the furnace is influenced by the furnace architecture, the burners location and orientation and the gases recirculation.

By including in the calculation the factors taking into account the combustion rate of the fuel, more accurate data about the temperature field distribution in the furnace can be obtained.

The calculation method presented also permits the obtaining of data regarding the control of the heat transfer by the recirculation of flue gases in the furnace.

Introducere

Cantitatea de căldură cedată în focarul cazanului este determinată cînd se cunoaște temperatura teoretică de ardere și temperatura gazelor la ieșire din focar. Transferul de căldură în focarul cazanului energetic și, într-o măsură însemnată, procesul de ardere sînt direct influențate de temperatura gazelor în focar, de arhitectura focarului, de amplasarea și orientarea arzătoarelor, de încărcarea termică a focarului, de recircularea gazelor arse în focar etc., ceea ce conferă un caracter deosebit de complex calculului procesului respectiv.

1. Notații

a_T — gradul de negreală al gazelor;
B_n — debitul nominal orar de combustibil [kg/h];
C — concentrația de nearse în combustibil $\left[\frac{\text{kg}}{\text{kg}}\right]$;
c_p — căldura specifică a gazelor arse [kJ/kg°C], $\left[\frac{\text{kcal}}{\text{kg°C}}\right]$;
c_{pa} — căldura specifică a aerului de ardere;
H_0 — suprafața laterală medie a cazanului, $H_0 = \Pi L[\text{m}^2]$;
L — lungimea medie a focarului [m];
P_{ci} — puterea calorică a combustibilului [kJ/kg], [kcal/kg];
Q — debitul de fluid în focar $\left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right]$, la temperatura medie din focar;
q_{fo} — $\frac{B \cdot P_{ci}}{V_f}$ încărcarea termică volumetrică a focarului;
q_4 — coeficientul de total pierderi prin ardere mecanic incompletă;
q_4' — coeficientul de pierderi prin ardere mecanic incompletă în cenușa volantă;
q_3 — coeficientul de pierderi prin ardere chimic incompletă în gazele de ardere;
$r = \frac{V_r}{V_g}$ — factorul de recirculare al gazelor de ardere;
T_0[K], t_0(°C) — temperatura teoretică de ardere;
T_a[K], t_a(°C) — temperatura de preîncălzire a aerului de ardere;
T_g[K], t_g(°C) — temperatura gazelor arse prelevate din cazan;
V_f — volumul focarului [m³];
V_a — volumul teoretic de aer necesar arderii $\left[\frac{\text{Nm}^3}{\text{kg}}\right]$;

* Ing. Damian Grecov, fiz. Ion Dina — U.M.G.-București.

V_g — volumul de gaze rezultate la arderea unui kg combustibil cu exces α [Nm³/kg];

V_r — volumul de gaze recirculate pe 1 kg de combustibil [Nm³/kg];

w — viteza de deplasare a gazelor în focar la curgerea tip piston [m/s];

θ_a, θ_g — temperaturile adimensionale $\frac{T_a}{T_0}$, $\frac{T_g}{T_0}$;

β — coeficientul de sarcină parțială a cazanului;

γ — raportul dintre puterea calorică și volumul gazelor arse la 1 kg de combustibil;

φ_f — coeficient de conservare a căldurii în focar;

φ_R — coeficient de conservare a căldurii gazelor recirculate;

ψ — coeficientul de eficiență termică a ecranelor egal cu produsul coeficientului unghiular χ și coeficientul de murdărire al ecranelor ξ (se recomandă $\xi = 0{,}6 \div 0{,}65$ pentru arderea lignitilor în stare pulverizată).

2. Modelarea procesului de curgere

Procesul de amestecare combustibil-aer-gaze de ardere, care să țină seama de condițiile reale de curgere a gazelor de ardere, poate fi caracterizat prin distribuția timpului de rezidență (DTR) a combustibilului în focar.

Distribuția timpilor de rezidență în focarul real, poate fi obținută pe baza modelării tridimensionale hidraulice izotermice (în care gazele de ardere se înlocuiesc printr-o fază lichidă care se introduce în modelul la scară al focarului). Drept impuls se folosește o soluție concentrată de NaCl, introdusă în modelele de arzătoare respective, obținîndu-se curba de răspuns DTR cu un senzor de salinitate amplasat la ieșirea din focar.

Recircularea gazelor de ardere prin sistemul de preparare a prafului de cărbune (schema închisă) sau pentru reglajul temperaturii în focar se poate, de asemenea, modela pe modele tridimensionale izotermice, determinîndu-se influența recirculării gazelor de ardere asupra curbei de distribuție a timpilor de rezidență a combustibilului în focar $E(\tau)$ (τ reprezentînd timpul de curgere). Prin modelarea procesului de curgere a gazelor în modele tridimensionale se poate, de asemenea, studia influența amplasării și orientării arzătoarelor asupra DTR.

Timpul mediu de rezidență a combustibilului în focar (s) este definit prin raportul $\frac{V_f}{Q}$, unde V_f(m³) reprezintă volumul focarului. La alegerea scării modelului și a debitului de fluid introdus prin arzătoare va trebui ca regimul de curgere să fie în domeniul automodelării, iar timpul mediu de rezidență din model τ_0' să fie același cu timpul mediu de rezidență din focarul real τ_0. În cazul în care $\tau_0' \neq \tau_0$, se va deplasa curba $E'(\tau)$ obținută pe model, astfel încît timpul mediu calculat de rezidență în model τ_0' sau $\tau_c = \frac{\int_0^\infty \tau E'(\tau)\,\mathrm{d}\tau}{\int_0^\infty E'(\tau)\,\mathrm{d}\tau}$ să fie egal cu τ_0, obținîndu-se astfel cu aproximație curba $E(\tau)$ pentru focarul real.

În cazul general, valoarea τ_0 se poate calcula cu relația:

$$\tau_0 = \frac{V_f}{(1+r)\beta B V_g} \cdot \frac{273}{T_0} \cdot \frac{3\,600}{\theta_{med}}, \text{ [s]} \quad (1)$$

unde θ_{med} reprezintă temperatura medie adimensională a gazelor în focar, sau:

$$\tau_0 = \frac{3\,600}{1+r} \cdot \frac{\gamma}{\beta\, q_{f0}} \cdot \frac{273}{T_0} \cdot \frac{1}{\theta_{med}} \quad . \quad (2)$$

Cunoscînd evoluția în timp a unei mărimi $S(\tau)$ și curba de distribuție a timpului de rezidență $E(\tau)$ respectivă, mărimea medie a unei mărimi scalare Sm se poate determina la ieșirea din focar prin relația:

$$Sm = \frac{\int_0^\infty S(\tau) \cdot E(\tau)\,\mathrm{d}\tau}{\int_0^\infty E(\tau)\,\mathrm{d}\tau} \cdot \quad (3)$$

Pentru calculul temperaturii medii a gazelor arse la ieșirea din focar se poate folosi relația (3), în care $S(\tau) = T(\tau)$ reprezintă evoluția temperaturii în focar, iar $E(\tau)$ — curba DTR în focarul real.

3. Evoluția temperaturii în focar în cazul curgerii ideale tip piston

Pentru determinarea evoluției temperaturii în funcție de timp a unui volum elementar de amestec aer-combustibil-gaze de ardere $T(\tau)$, se va folosi metoda de calcul descrisă în [1, 2], la care se va lua în considerare și influența recirculării gazelor de ardere în focar:

$$(1-q_4)(1+r) \cdot V_g \cdot c_p \cdot \mathrm{d}T = $$
$$= -(1-q_4) B P_{ci} \frac{\mathrm{d}c}{\mathrm{d}\tau}\mathrm{d}\tau - \frac{\sigma_0}{\varphi_f} a_T \psi T^4 \Pi \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}\tau} \cdot \mathrm{d}\tau, \quad (4)$$

unde $B = \beta \cdot \beta_n$.

Viteza de deplasare a gazelor în focar, w, în cazul curgerii ideale tip piston $\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}\tau}$, este considerată constantă, fiind corelată cu timpul mediu de rezidență al gazelor în focar, $w = \frac{L}{\tau_0}$.

Termenul (BP_{ci}) din ecuaţia (4) rezultă din execuţia de bilanţ termic al focarului:

$$BP_{ci} = B(1+r)V_g \cdot c_p t_0 - BV_a c_{pa} t_a - \\ - r \cdot B \cdot V_g c_p \cdot \varphi_R \cdot t_g. \quad (5)$$

Introducînd în ecuaţia (4) expresia (5) pentru BP_{ci}, rezultă:

$$(1+r)(B(1-q_4)\ V_g c_p \, dT = \\ = -B(1-q_4) V_g c_p T_0 R \frac{dc}{d\tau} d\tau - \\ - \frac{\sigma_0 a_T \psi T^4}{\varphi_f} \Pi w \, d\tau, \quad (6)$$

unde:

$$R = (1+r) - \mu\theta_a - r\varphi_R \theta_g + \\ + [(\mu - 1) + r(\varphi_R - 1)] \frac{273}{T_0},$$

în care: $\mu = \frac{\alpha \cdot V_a c_{pa}}{V_g \cdot c_p}$ reprezintă raportul între capacităţile calorice ale aerului la exces şi ale gazelor de ardere.

Introducînd mărimea adimensională Boltzmann:

$$B_0 = \frac{\varphi_f \cdot BV_g c_p(1-q_4)}{\sigma_0 \psi H_0 T_0^3} \quad (7)$$

şi ţinînd seama că $\Pi w \, \tau_0 = H_0$ reprezintă suprafaţa geometrică laterală medie a focarului, rezultă din (6) şi (7):

$$\frac{\tau_0(1+r)B_0/a_T \cdot d\theta/\theta^4}{1 + \frac{\tau_0 B_0/a_T \cdot R \cdot dc/d\tau}{\theta^4}} = -d\tau \quad (8)$$

Temperatura teoretică de ardere t_0(°C) se determină ţinînd seama de raportul de căldură cu aerul preîncălzit şi cu gazele de ardere recirculate:

$$t_0 = \frac{1}{1+r} \cdot \left(\mu t_a + r \varphi_R t_g + \frac{\gamma}{c_p} \right) \cdot \ [°C] \quad (9)$$

Pentru rezolvarea ecuaţiei (8) (care se poate uşor rezolva aplicînd metoda Runge-Kutta), se va folosi condiţia iniţială la $\tau_0 = 0$:

$$[\theta]_{\tau=0} = \theta_{am} = \frac{r\varphi_R\theta_g + \mu\theta_a + \frac{273}{T_0} r(1-\varphi_R)}{r+\mu}, \quad (10)$$

care pentru $\varphi_R = 1$ conduce la o expresie simplă:

$$\theta_{am} = \frac{r\theta_g + \mu\theta_a}{r+\mu}, \quad (10')$$

în care θ_{am} reprezintă temperatura adimensională a amestecului de aer de ardere şi gaze recirculate la intrare în focar.

Pentru determinarea vitezei de ardere $dC/d\tau$, se consideră cu aproximaţie evoluţia concentraţiei C a combustibilului nears în gazele de ardere de formă exponenţială:

$$C = C_0 e^{-A\tau},$$

unde se ia $C_0 = 1$, iar valoarea A diferă funcţie de proprietăţile combustibilului utilizat şi condiţiile de amestec aer-combustibil, de regimul de temperaturi al gazelor în focar, de modul de preparare a profilului de cărbune etc.

Cunoscînd din datele de exploatare pentru anumite condiţii de ardere valorile pierderilor prin ardere chimică incompletă şi prin ardere mecanic incompletă în cenuşa antrenată la fine focar, se poate, eventual, aproxima pentru combustibilul utilizat valoarea A, astfel încît $[C]_{\tau=\tau_0} = (q_3 + q_4')/100$ prin relaţia:

$$A = \frac{-\ln \frac{C}{C_0}}{\tau_0} = -\frac{\ln \frac{q_3 + q_4'}{100}}{\tau_0}. \quad (12)$$

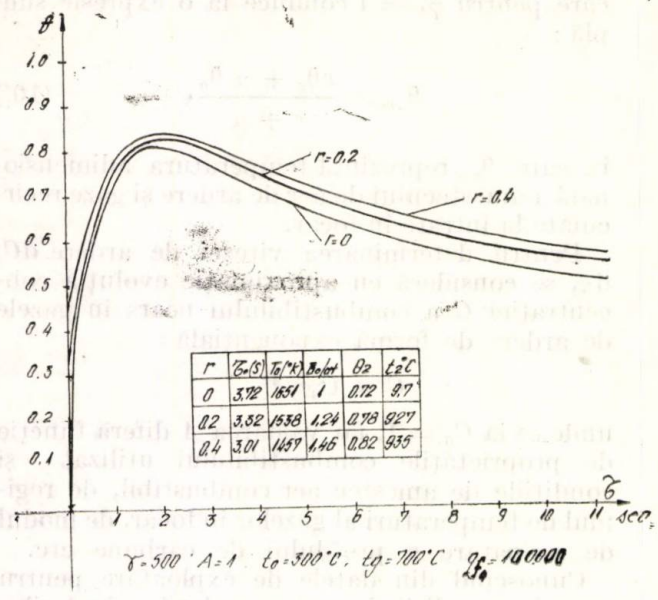
Dacă în ecuaţia (8) se introduce valoarea $\frac{dC}{d\tau} = -Ae^{-A\tau}$ se obţine:

$$\frac{d\theta}{d\tau} = \frac{-\theta^4 + \tau_0 B_0/a_T \cdot R \cdot A \cdot e^{-A\tau}}{(1+r)\tau_0 B_0/a_T}. \quad (13)$$

4. Unele rezultate de calcul

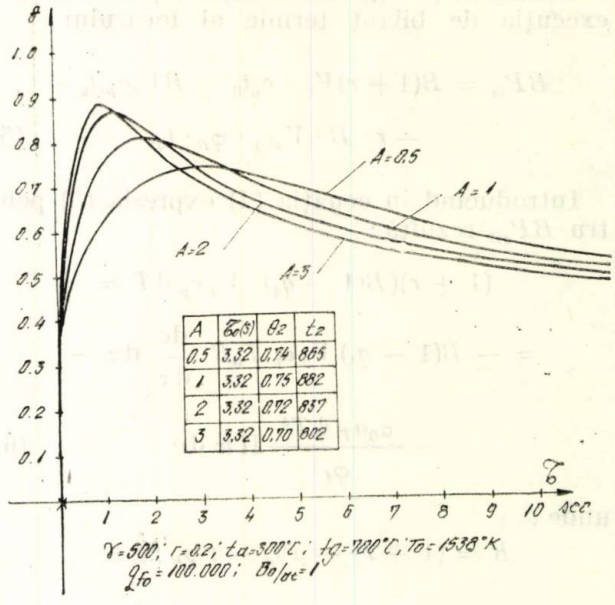
Ecuaţia (13) permite să se obţină temperatura adimensională θ_2 la ieşirea din focar, cunoscînd evoluţia $\theta(\tau)$ în focar şi determinînd la τ_0 temperatura corespunzătoare θ_2 pentru o curgere a gazelor în focar tip piston [$\theta_{2a} = \theta(\tau_0)$]. Factorul de recirculare al gazelor influenţează temperatura teoretică de ardere în focar t_0 (relaţia 9) şi timpul de rezidenţă τ_0(relaţia 2). Din calculele preliminare, pe baza ecuaţiei (13), a rezultat că la variaţia factorului de recirculare r, menţinînd constant criteriul B_0, curba $\theta(\tau)$ este practic puţin influenţată de valoarea r. În realitate criteriul B_0 se modifică prin faptul că temperatura de ardere este direct influenţată de valoarea r (relaţia 9).

În figura 1 se dau rezultatele obţinute pe calculator pentru $\gamma = 500$, $A = 1$, $t_a = 300$°C, $t_g = 700$°C şi ($B_0 = 1$ la $r = 0$). Se observă că pe măsură ce factorul de recirculare r creşte, temperatura teoretică de ardere scade, cifra B_0 urmărindu-se corespunzător (relaţia 7).



r	τ_0(s)	T_0(°K)	B_0/a_T	θ_2	t_2°C
0	3,72	1651	1	0,72	9,7
0,2	3,32	1538	1,24	0,78	927
0,4	3,01	1457	1,46	0,82	935

Fig. 1.



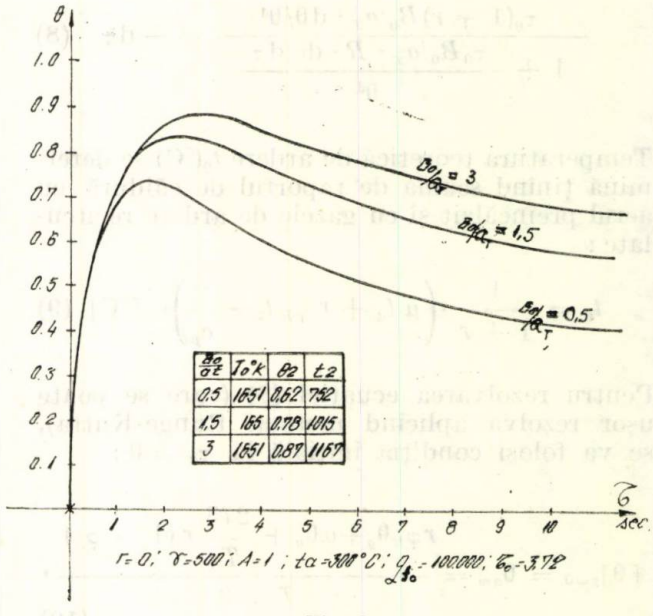
A	τ_0(s)	θ_2	t_2
0,5	3,32	0,74	865
1	3,32	0,75	882
2	3,32	0,72	837
3	3,32	0,70	802

Fig. 2.

Deşi valorile adimensionale ale temperaturii gazelor θ cresc odată cu mărirea factorului de recirculare r datorită variaţiei cifrei B_0, valorile absolute ale temperaturii gazelor în focar ($T = \theta \cdot T_0$) scad. Totuşi, se observă că scăderea timpului de rezidenţă conduce la creşterea temperaturii gazelor la ieşire din focar t_2, odată cu mărirea factorului r. În realitate, trebuie avut în vedere că valoarea A va scădea pe măsură ce cantitatea de gaze recirculate creşte, datorită reducerii regimului de temperaturi al gazelor şi diluţiei amestecului carburant-carburant. Prin determinări experimentale ale pierderilor prin nears la ieşirea din focar, în funcţie de diversele valori ale factorului de recirculare, se pot obţine date care să evidenţieze influenţa temperaturii teoretice de ardere asupra factorului A. Este evident, că în cazul în care gazele de ardere se introduc deasupra zonei arzătoarelor, valoarea A va fi practic neinfluenţată de factorul de recirculare r, iar temperatura teoretică de ardere T_0 nu se va schimba în zona arzătoarelor. În figura 2 se scoate în evidenţă influenţa factorului A, care caracterizează viteza de ardere în focar, observîndu-se o creştere a maximului temperaturii adimensionale odată cu creşterea valorii A şi o deplasare a acestui maxim spre valori mici τ. Temperatura la ieşirea din focar scade cu mărirea factorului A.

În figura 3 se observă influenţa deosebită a criteriului B_0 asupra cîmpului de temperaturi în focar şi asupra temperaturii la fine focar t_2. Prezintă interes cazul în care se ia în consideraţie varianta sarcinii termice a cazanului β. În figura 4 se indică valorile t_2 pentru $\beta \cdot q_{f0} = 70\,000$, $100\,000$ şi $150\,000$, la $\gamma = 500$, $r = 0, 2$, $t_a = 300$, $t_g = 700$, $A = 1$ şi ($B_0 = 1$ la $q_{f0} = 100\,000$).

Prin scăderea valorii β, timpul de rezidenţă creşte, iar valoarea B_0 scade, corespunzător, produsul $B_0\tau_0$ rămînînd constant, ceea ce conduce la o invarianţă a temperaturii adimensionale θ faţă de factorul β la aplicarea relaţiei (13). Totuşi, temperatura θ_2 va varia, deoarece valoarea τ_0 se schimbă cu sarcina termică β (fig. 4). Cîmpul de temperatură în focar poate, în acest caz, să fie influenţat şi de reducerea vitezei de ardere (factorul A) a combustibilului în condiţiile reducerii parametrilor de transfer în volumul focarului, pe măsura schimbării parametrilor de curgere şi condiţiilor de amestecare aer-combustibil la viteze mici ale fluidului în focar. Se observă



B_0/a_T	T_0°K	θ_2	t_2
0,5	1651	0,62	752
1,5	165	0,78	1015
3	1651	0,87	1167

Fig. 3.

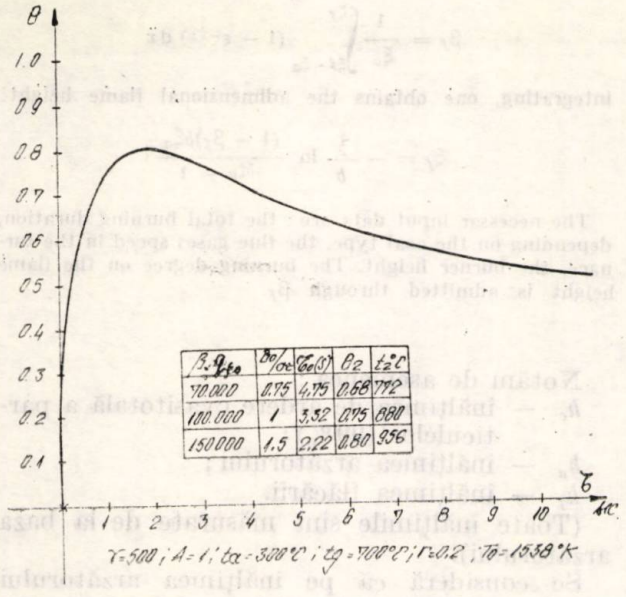


Fig. 4.

că aplicarea relaţiilor recomandate în [3], [4] unde θ_2 este funcţie, în special, de criteriul B_0, conduce, de asemenea, la reducerea temperaturii gazelor la ieşire din focar cu micşorarea sarcinii termice β (cu observaţia că în acest caz reducerea valorii θ_2 este datorată numai micşorării criteriului B_0). Prezintă interes cazul în care se studiază influenţa încărcării termice nominale a focarului q_{f0} în cazul menţinerii constante a criteriului B_0. În acest caz, pe baza ecuaţiei (13) rezultă, că la creşterea valorii q_{f0} are loc o scădere sensibilă a cîmpului de temperaturi în focar. Acest rezultat se poate explica prin aceea că, pentru menţinerea criteriului $B_0 = \text{const.}$, este necesar ca produsul $q_{f0} \cdot \frac{V_f}{\psi H_0 T_0^3}$ să rămînă de asemenea constant (deci menţinerea $B_0 = \text{const.}$, la creşterea q_{f0}, presupune o scădere a volumului focarului, o creştere a suprafeţei de răcire în focar sau creşterea temperaturii teoretice T_0).

5. Concluzii

Rezultă deci, că, pe baza ecuaţiilor (13), se poate calcula evoluţia temperaturii gazelor în focar $\theta = f(\tau)$, ţinînd seama de caracteristicile de ardere ale combustibilului (factorul A), condiţiile de răcire ale gazelor în focar (criteriul B_0), temperatura de preîncălzire a aerului (t_a), gradul de recirculare şi temperatura gazelor arse (r, t_g) şi timpul mediu de rezidenţă al gazelor în focar, în condiţiile curgerii tip piston. Pentru a ţine seama de condiţiile reale de curgere a fluidului în focar, temperatura gazelor la ieşire din focar se va calcula cu relaţia (3):

$$\theta_2 = \frac{\int_0^\infty \theta(\tau) \cdot E(\tau)\ \mathrm{d}\tau}{\int_0^\infty E(\tau) \cdot \mathrm{d}\tau},$$

unde $E(\tau)$ se poate obţine în cazul modelării hidraulice tridimensionale izoterme în condiţii de laborator.

Bibliografie

[1] Grecov, D. *Determination of heat transfer in boiler furnaces with the aid of isothermal modelling.* In: Rev. Roumaine de Sciences Techniques, serie Electrotechnique et Energetique, tom 17, nr. 4, 1972.

[2] Grecov, D., Cazacu, C. ş.a. *Modelarea izotermă la focarele cazanelor energetice pentru arderea şisturilor bituminoase.* In: Studii şi cercetări de energetică şi electrotehnică, tom 23, nr. 4, 1973.

[3] * * * *Teplovoi rascet koteljnyh agregatov* — Normativnyi metod Moscova, 1973, Izd. Energia.

[4] Pănoiu, N., Grecov, D. ş.a. *Instalaţii de ardere.* Editura Tehnică, Bucureşti, 1968.

(Primit la 16 martie 1984, acceptat la 16 noiembrie 1984)

Metodă aproximativă de calcul al înălţimii flăcării de cărbune brun

Dr. ing. Teodor Popa*

Descriptori: centrală termoelectrică, cazane de abur, ardere, cărbune brun, flacără, calcul

Approximate Calculation Method for the Brown Coal Flame Height

(Condensed form the paper in Romanian)

An approximate calculation expression for the brown coal flame height h_f is proposed in order to use it in the zonal calculation of the heat exchange in a jet burner furnace with direct blast. For expressing the burnt fuel quantity B_a, depending on the time, on an adimensional spatial coordinate x, respectively, an exponential function $f(x)=1-e^{-bx}$ is admitted. The constant has the value $b = 4, 6$, if it is admitted, according to some experimental diagrams extracted from the references, that during the half of the total burning time 90% of the fuel is used.

* Dr. ing. Teodor Popa est cercetător ştiinţific gr. I la ICEMENERG.

A uniform distribution $dB = \frac{B}{h_a}\,dh$ of the fuel B on the height h_a of the burner is considered. The adimensional variable $x = \frac{h}{h_c}$ is noted as well as the adimensional constants $\xi_a = \frac{h_a}{h_c}$, $\xi_f = \frac{h_f}{h_c}$, $\beta_f = \frac{B_a}{B}$ where h is the current height, h_c is the total burning height.

The adimensional value of the burnt fuel quantity on the flame height is obtained from :

$$\beta_f = \frac{1}{\xi_a}\int_{\xi_f-\xi_a}^{\xi_f}(1 - e^{-bx})\,dx$$

integrating, one obtains the adimensional flame height:

$$\xi_f = -\frac{1}{b}\ln\frac{(1-\beta_f)b\xi_a}{e^{b\xi_a}-1}$$

The necessar input data are : the total burning duration, depending on the coal type, the flue gases speed in the furnace, the burner height. The burning degree on the flame height is admitted through β_f.

Stabilirea înălţimii flăcării are o importanţă deosebită pentru calculul zonal al schimbului de căldură în focarul unui cazan de abur.

Focarul este împărţit în trei zone : prima zonă este situată sub brîul arzătoarelor, a doua zonă cuprinde flacăra şi are o înălţime egală cu înălţimea flăcării, iar a treia zonă este limitată de flacără şi de secţiunea la ieşirea din focar. Forma flăcării este aproximată printr-un corp de radiaţie paralelipipedic. Metoda de calcul este prezentată în [1]. Ea a fost adoptată şi de ICEMENERG, fiind prezentată în [2] cu completări privind modul de calcul al factorului de emisie al flăcării de cărbune pulverizat.

În cadrul metodei de calcul sînt stabilite relaţii pentru determinarea lungimii şi înălţimii flăcării de hidrocarburi [1]. Înălţimea flăcării de cărbune pulverizat se admite pe bază de experienţă. În cele ce urmează se propune o relaţie de calcul al înălţimii flăcării de cărbune brun într-un focar echipat cu arzătoare cu fantă. Valoarea constantei din relaţia propusă este determinată pe baza unor rezultate experimentale comunicate în [3].

Scăderea în timpul arderii a masei combustibile poate fi exprimată aproximativ printr-o funcţie exponenţială de timp :

$$f(t) = 1 - e^{-b''t},$$

în care b'' este o constantă.

Considerînd constantă viteza de deplasare pe verticală a particulelor de cărbune gradul de ardere poate fi exprimat în funcţie de înălţimea parcursă de granule în focar. Viteza medie de deplasare v_m, poate fi determinată aproximativ pentru fiecare focar din debitul gazelor de ardere aflate la temperatura admisă pentru finele flăcării împărţit cu secţiunea de curgere.

Cantitatea de masă combustibilă arsă B_a se poate exprima, prin urmare, prin expresia :

$$B_a = (1 - e^{b'h})B, \qquad (1)$$

în care : B este cantitatea iniţială de masă combustibilă;

h — înălţimea parcursă;

b' — o constantă.

Notăm de asemenea :

h_c — înălţimea de ardere cvasitotală a particulelor (99%);

h_a — înălţimea arzătorului;

h_f — înălţimea flăcării.

(Toate înălţimile sînt măsurate de la baza arzătorului).

Se consideră că pe înălţimea arzătorului cantitatea de praf de cărbune introdusă este uniform distribuită. Printr-o porţiune dh din înălţimea arzătorului se introduce cantitatea de combustibil :

$$dB_a = \frac{B}{h_a}\cdot dh\cdot$$

Din această cantitate se arde în funcţie de înălţimea parcursă h :

$$dB_a = (1 - e^{-b'h})dB. \qquad (2)$$

Se introduce variabila independentă adimensională x:

$$x = \frac{h}{h_c},$$

şi se notează :

$$\xi_a = \frac{h_a}{h_c};\quad \xi_f = \frac{h_f}{h_c},$$

$$dx = \frac{1}{h_c}\,dh;\quad b = b'\cdot h_c.$$

Înlocuind în (2) se obţine :

$$dB_a = (1 - e^{-bx})B\frac{h_c}{h_a}\,dx. \qquad (3)$$

Valoarea adimensională a cantităţii de combustibil ars pe înălţimea flăcării se obţine integrînd expresia (3) :

$$\beta_f = \frac{B_a}{B} = \frac{1}{\xi_a}\int_{\xi_f-\xi_a}^{\xi_f}(1 - e^{-bx})\,dx,$$

$$\beta_f = 1 + \frac{e^{-b\xi_f}}{b\xi_a}(1 - e^{b\xi_a}), \qquad (4)$$

Din (4) rezultă:

$$\xi_f = -\frac{1}{b}\ln\frac{(1-\beta_f)\,b\xi_a}{e^{b\xi_a}-1}. \qquad (5)$$

Pentru determinarea constantei b se utilizează o proprietate aproximativă, comună, observată la trei curbe experimentale de ardere a cărbunelui brun prezentate în figura 9 din [3]. Aceste curbe corespund la trei sorturi de cărbune. Cantitatea de masă combustibilă arsă este reprezentată în funcție de timpul de ardere. Forma curbelor urmează aproximativ ipoteza enunțată, referitoare la procesul de ardere. De asemenea, se poate constata că, într-o durată care reprezintă circa jumătate din durata arderii evasitotale (circa 99%), se arde 90% din cantitatea totală la fiecare din cele trei sorturi de cărbune. Acestea au durate de ardere τ_a, de circa 2, 3 și 4 secunde în condiții uzuale. Duratele diferite de ardere ale celor trei sorturi sînt influențate de conținutul diferit de cenușă, respectiv $A_1^{anh} = 12{,}5 - 20\%$, $A_2^{anh} = 23 - 28\%$, $A_3^{anh} = 30-42\%$, în ultimul caz arderea fiind întîrziată și de ecranarea radiației flăcării prin componenta CO_3Ca, care se macină foarte fin.

Se aplică observația făcută funcției $f(x)$ a arderii cărbunelui: $f(0{,}5)=0{,}9$; rezultă $b=4{,}6$. Se verifică: $f(1) = 0{,}99$ și evident $f((0) = 0$. Mărimea β_f se adoptă în mod convențional. Înălțimea $h_c = v_m\tau_a$.

Se observă că înălțimea flăcării calculate cu relația (5) depinde de sortul de cărbune (prin τ_a), de dimensiunile focarului (prin v_m) și de înălțimea arzătorului (prin ξ_a).

În concluzie, prin metoda de calcul propusă pentru înălțimea flăcării de cărbune brun pulverizat se poate diminua aproximația introdusă prin admiterea directă a acestei valori în calculele de verificare a schimbului de căldură în focarele camerelor de abur.

Exemplu:

Pentru $\tau_a=3$ s, $v_m=8$ m/s, $h_a=8$ m, $\beta_f=0{,}9$, rezultă: $\zeta_f = 0{,}688$ și $h_f = 16{,}5$ m.

Bibliografie

[1] Waldmann, H., Huschauer, H. *Verfahren zur Berechnung der Verteilung von Temperatur und Wärmestromdichte in Feuerräumen von Grossdampferzeugern.* In: VDI-Bericht, nr. 211, 1973.

[2] Popa, T. *Un model de calcul pentru schimbul de căldură în focarul unui cazan de abur.* In: Energetica, 1974, nr. 8–9, p. 318–324.

[3] Geissler, h. *Das grosste Braunkohlenkraftwerk Griechenlands*, Ptolemais, Teil II, Energie, 1971, no. 7.

(Primit la 7 iulie 1984, acceptat la 28 decembrie 1984)

Arderea combustibililor solizi pulverizați în mediu rece (procedeul ST–EN)

Ing. Ion Müller, ing. Tudor Ciortan*

Dezvoltarea accelerată în ultimii 15 ani a proiectării și cercetării instalațiilor de ardere, a condus la construirea de cazane energetice de puteri mari și medii pe o serie de combustibili solizi cu caracteristici energetice variabile și în special pe combustibili inferiori — lignit, șisturi bituminoase.

Funcționarea cazanelor pe combustibil de proiect, la sarcini nominale și parțiale, este garantată fără susținere de hidrocarburi sau cu un procent foarte redus. În ceea ce privește pornirea cazanelor de la rece, se efectuează numai pe hidrocarburi, pînă la sarcini de circa 40% și pînă la atingerea plafonului minim de temperatură, la care se pot porni morile. La funcționarea conform proiectului, în regim de bază, consumul de hidrocarburi se ridică la 0—10% aport caloric, iar la funcționarea actuală, în general sub banda de calitate a combustibilului, acest consum crește la 14—15% pentru grupurile de 330 MW și 11—32% pentru celelalte blocuri din sistem. Consumul total de hidrocarburi se ridică la valoarea de 0,05—0,1 tone păcură/MWh, valoare foarte ridicată a centralelor de bază utilizînd combustibil solid.

Problema centrală ce a apărut în fața cercetării este diminuarea masivă a hidrocarburilor suport și pentru pornire, înlocuirea acestora cu combustibil solid, pînă la eliminarea totală din procesul tehnologic de producere a energiei electrice. Această tematică a apărut în toate țările mari consumatoare de energie, ea rezolvîndu-se parțial cu soluții specifice combustibilului solid avut la dispoziție și tehnologiei adoptate și posibil a fi realizată la scară națională.

În România, cercetarea proceselor de ardere a combustibililor solizi inferiori a fost intensificată în ultimii cinci ani, realizîndu-se progrese importante în domeniul reducerii consumului

* Ing. Ion Müller, ing. Tudor Ciortan — ICSITEE — București.

de hidrocarburi suport. S-au realizat scheme noi de preparare şi ardere a cărbunelui, superioare celor construite în trecut şi care pot fi în continuare perfecţionate pentru eliminarea totală a hidrocarburilor necesare susţinerii flăcării de praf [2]. În schimb, pentru diminuarea hidrocarburilor în procesul de pornire a cazanelor nu e existat o preocupare la nivelul cerinţelor actuale, instalaţiile de ardere consumînd în continuare cantităţi mari de combustibil lichid sau gazos. Acest consum de hirocarburi necesar pornirilor are valori relativ reduse în centralele cu fiabilitate ridicată (0,001 tone de păcură/MWh) şi atinge valori foarte ridicate la cazanele cu puteri termice mari (0,0078—0,0132 tone de păcură/MWh). Consumul de hidrocarburi necesar pornirilor reprezintă 4—14% din consumul total de hidrocarburi pe centrală şi are o pondere importantă în preţul de cost al energiei electrice produse.

Analizînd aceste valori se constată importanţa deosebită pe care o au consumurile de hidrocarburi suport, precum şi cele pentru pornirea cazanelor; diminuarea acestora duce la economii importante şi favorizează, în final, independenţa energetică a ţării.

1. Modelarea matematică a proceselor de aprindere şi ardere într-un jet de amestec aer-cărbune

În vederea stabilirii tipului de arzător şi a cineticii arderii prafului de cărbune în mediu rece, necesare pornirii cazanelor, s-a analizat aprinderea şi arderea combustibilului solid prin modelarea matematică a proceselor termodinamice.

Pentru a estima diferiţi factori care influenţează arderea cărbunilor pulverizaţi (temperatura aerului primar, secundar, fineţe de măcinare, concentraţii, aport combustibil suport etc.) s-a propus o ecuaţie matematică, care descrie modelul prezentat în figura 1 [1], bazată pe următoarele aproximări :

a. Se analizează la început jetul primar al arzătorului alegînd o secvenţă $dx = \text{const.}$ şi se află dR. Volumul acestei secvenţe la timpul „τ” $= 0$ este :

$$V_0 = \pi \cdot R_0^2 \cdot dx. \qquad (1)$$

Amestecul cu aerul secundar sau gaze de recirculaţie şi creşterea de temperatură dau o creştere dR.

b. Aerul secundar şi recirculat se amestecă cu aerul primar ce soseşte la timpul „τ”; raportul de mase de aer secundar şi recirculat cu masa de aer primar conţinut în segment se traduce prin:

$$m_2/m_1 = F(r) = A_1X + A_2X^2; \qquad (2)$$

$$m_r/m_1 = F'(r) = A_1' X + A_2'X^2. \qquad (3)$$

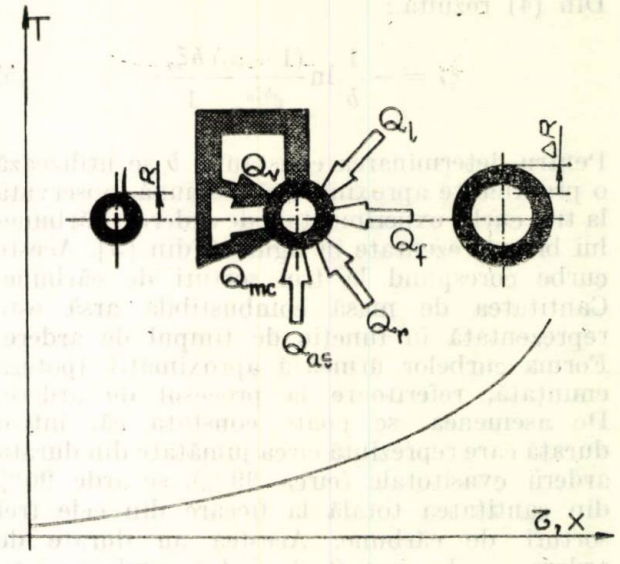


Fig. 1. Model matematic pentru arderea combustibilului solid.

c. Viteza de reacţie a materialului combustibil este determinată de :

$$u = V_0 \cdot dM/d\tau \ [\text{kg/s}] \qquad (4)$$

d. Nu există o diminuare a suprafeţei granulei ($VA = V_0A_0$) ,nici a factorului de absorbţie.

e. Temperatura este uniformă în secvenţă.

f. Căldura este transmisă prin radiaţie pereţilor focarului.

g. Tot sistemul este simetric.

Ecuaţia care descrie procesul se va putea scrie astfel :

$$dQ_{mc}/d\tau + dQ_v/d\tau + dQ_{as}/d\tau + dQ_r/d\tau + \\ + dQ_l/d\tau + dQ_f/d\tau - dQ_t/d\tau = 0, \qquad (5)$$

unde : $dQ_{mc}/d\tau$ este aportul caloric datorat arderii materialului carbonos;

$dQ_v/d\tau$ — aportul caloric datorat arderii volatilelor;

$dQ_{as}/d\tau$, $dQ_r/d\tau$ — creşterea de energie provenită din amestecul fluidului primar cu aerul secundar sau gazele de ardere recirculate;

$dQ_l/d\tau$, $dQ_f/d\tau$ — creşterea / scăderea potenţialului termic în urma schimbului de căldură prin radiaţie;

$dQ_t/d\tau$ — creşterea energiei interne a jetului.

1.1. *Căldura prevenită din arderea materialului cărbunos* ($dQ_{mc}/d\tau$)

Fenomenul de aprindere a materialului cărbunos conţinut de jetul principal este condiţionat de realizarea unui nivel termic minim în jet. Pentru cărbunii bruni temperatura minimă

de aprindere se află în jurul valorii de 400°C [1]. Procesul de ardere a materialului cărbunos se desfășoară cu o viteză de reacție determinată de ecuația :

$$u^{mc} = V_0 \cdot k \cdot P_{O_2} \cdot A \cdot exp(-E/R_gT), \quad [kg/s] \tag{6}$$

s-au exprimat altfel:

$$u_a^{mc} = k \cdot P_{O_2} \cdot A \cdot exp\,(-E/R_gT) \cdot \quad [kg/m^3s] \tag{7}$$

Suprafața de reacție A este determinată de finețea de măcinare a cărbunelui și are valori ridicate pentru diametre caracteristice mici (d este dat în mm).

$$A = 4{,}26/d. \quad [m^2/kg] \tag{8}$$

Rezolvînd ecuația diferențială care exprimă procesul de ardere, rezultă cantitatea de material carbonos care intră în reacție pe unitatea de lungime dx :

$$D_{mc}^a = D_{mc}^0 \cdot k \cdot P_{O_2} \cdot A \cdot dx \cdot exp \cdot$$
$$\cdot (-E/R_gT)/W \cdot [kg/s] \tag{9}$$

După cum se remarcă din relațiile prezentate, procesul de ardere este influențat, în primul rînd, de nivelul termic al fluidului purtător ($exp(-E/R_gT)$). De asemenea, finețea de măcinare caracterizată prin intermediul suprafeței de reacție A, este un element esențial în cadrul procesului de ardere a materialului carbonos, măcinarea avansată la diametre caracteristice mici conducînd la intensificarea arderii. În ansamblul jetului parametrii P_{O_2} și T variază funcție de gradul de recirculare, deci de funcția de amestec $R(x)$ și de modul de amestec cu aerul de ardere $L(x)$. În figura 2 sînt reprezentate vitezele de ardere (a) la un produs $P_{O_2} \cdot A$ = const, variabilă fiind temperatura și la valori variabile ale funcțiilor $R(x)$ și $L(x)$, deci la modificarea concentrației P_{O_2}.

1.2. Căldura provenită din arderea volatilelor (dQ_v/dτ)

Fenomenul de aprindere a volatilelor degajate din combustibilul solid apare odată cu îndeplinirea următoarelor condiții :

a — temperatura minimă $t = 200°C$;

b — concentrația de volatile degajate $C_v > 1\%$;

c — gradientul de temperatură grd T = min 1500 grd/s.

Procesul de ardere a volatilelor este precedat de procesul de degajare a volatilelor, fenomen ce se amorsează la temperaturi relativ scăzute (t = min. 100°C).

Viteza de degajare a volatilelor este exprimată prin :

$$u_{deg}^v = k \cdot P_{O_2} \cdot A \cdot exp \cdot (-E/R_gT)[kg/m^3s] \tag{10}$$

Rezolvînd ecuația diferențială rezultă cantitatea de volatile degajată pe unitatea de lungime dx :

$$D_v^{deg} = D_v \cdot k \cdot P_{O_2} \cdot A \cdot dx \cdot exp \cdot$$
$$(-E/R_gT)/W \cdot [kg/s] \tag{11}$$

În condițiile asigurării condițiilor de aprindere a volatilelor (a, b, c) se poate determina viteza de ardere a acestora după relația (12) :

$$u_a^v = k \cdot P_{O_2} \cdot A \cdot exp \cdot (-E/T \cdot R_g), \quad [kg/m^3s] \tag{12}$$

a cărei soluție conduce la determinarea cantității de volatile arse în secvența dx :

$$D_v^a = D_v^{deg} \cdot k \cdot P_{O_2} \cdot A \cdot dx \cdot exp \cdot$$
$$\cdot (-E/R_gT)/W \cdot [kg/s] \tag{13}$$

Relațiile expuse indică importanța temperaturii fluidului în jetul principal, precum și a vitezei de variație a temperaturii în lungul axei jetului ($exp(-E/RT)$, grd T). În figura 2 este prezentată viteza de ardere a volatilelor pentru $P_{O_2} * A$ = const. (c) și variabil (d).

1.3. Căldura provenită din aerul secundar (dQ_{as}/dτ)

Datorită interacțiunii jeturilor primar — aer secundar apare un amestec al cărui nivel termic este ridicat sau scăzut, funcție de temperatura mediului în secvență și temperatura aerului secundar :

$$dQ_{as}/d\tau = d/d\tau\,[m_2 \cdot c_p \cdot (T_2 - T_0)]. \quad [kcal/s] \tag{14}$$

În secvența analizată, cantitatea de aer secundar introdusă pe linia de curent sau ansamblu

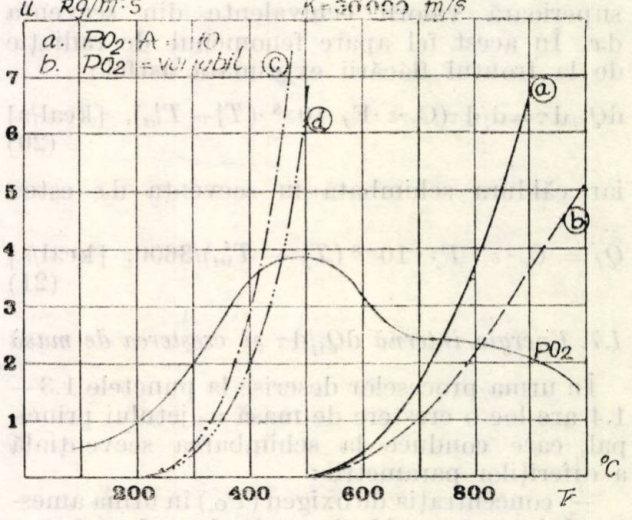


Fig. 2. Viteza de ardere

arzător este determinată de funcţia $L(x) = m_2/m_1$. Cantitatea de căldură care participă la ridicarea/scăderea nivelului termic al jetului va fi :

$$Q_{as} = m_2^* \cdot cp \cdot (T_2 - T_0) \cdot \quad [\text{kcal/s}] \quad (15)$$

1.4. Căldura provenită din gazele de ardere ($dQ_r/d\tau$)

Una din caracteristicile de bază ale jeturilor care se destind într-o cameră de ardere este capacitatea de absorbţie a gazelor din mediul înconjurător. În urma modelării arzătoarelor rezultă funcţia $R(x) = m_r/m_1$, care determină cantitatea de fluid recirculat în cadrul fluidului primar. Cantitatea de căldură absorbită/cedată de către jetul primar este :

$$dQ_r/d\tau = d/d\tau\,[m_r \cdot c_{pj} \cdot (T_r - T_0)] \quad [\text{kcal}]/\text{s} \quad (16)$$

sau :

$$Q_r = m_r^* \cdot c_{pg} \cdot (T_r - T_0). \quad [\text{kcal/s}] \quad (17)$$

1.5. Căldura de radiaţie ($dQ_l/d\tau$)

În funcţie de nivelul termic al fluidului primar raportat la temperatura pereţilor focarului apare un schimb de căldură prin radiaţie, al cărui sens este determinat de valorile temperaturilor amintite. Variaţia căldurii de radiaţie este :

$$dQ_1/d\tau = d/d\tau(C_c \cdot \varepsilon \cdot F \cdot 10^{-8}(T_p^4 - T_{jet}^4), \quad [\text{kcal/s}] \quad (18)$$

ar căldura schimbată în secvenţa dx este :

$$Q_1 = C_c \cdot \varepsilon \cdot F \cdot 10^{-8} \cdot (T_p^4 - T_{jet}^4)/3600 \quad [\text{kcal/s}] \quad (19)$$

1.6. Căldura de radiaţie de la frontul flăcării ($dQ_f/d\tau$)

În cadrul procesului de ardere în secvenţa $d(x + 1)$ temperatura medie a fluidului este superioară valorii echivalente din secvenţa dx. În acest fel apare fenomenul de radiaţie de la frontul flăcării exprimată astfel :

$$dQ_f/d\tau = d/d\tau(C_c \cdot \varepsilon \cdot F_f \cdot 10^{-8} \cdot (T_f^4 - T_{jet}^4), \quad [\text{kcal/s}] \quad (20)$$

iar căldura schimbată în secvenţa dx este :

$$Q_f = C_c \cdot \varepsilon \cdot F_f \cdot 10^{-8}\,(T_f^4 - T_{iet}^4)/3600, \quad [\text{kcal/s}] \quad (21)$$

1.7. Energia internă $dQ_i/d\tau$ *şi creşterea de masă*

În urma proceselor descrise la punctele 1.3 — 1.4 are loc o creştere de masă a jetului principal, care conduce la schimbarea secvenţială a diferiţilor parametrii :

— concentraţia de oxigen (P_{O_2}) în urma amestecului cu aer cald şi gazele de ardere, factor variabil în fiecare secvenţă dx, depinzînd de funcţiile $L(x)$ şi $R(x)$, precum şi de intensitatea arderii materiilor combustibile ;

— concentraţia de volatile (c_v) variabilă în raport cu masa de aer secundar şi recirculat, cu consumul de volatile şi material cărbunos, precum şi cu intensitatea procesului de degajare a volatilelor în cadrul secvenţelor dx analizate.

Creşterea de masă conduce direct la variaţia energiei interne a jetului şi indirect la modificarea parametrilor prezentaţi la punctele 1.1, 1.2, 1.5, 1.6.

Variaţia energiei interne se poate scrie sub forma :

$$dQ_i/d\tau = dQ_{mc}/d\tau + dQ_v/d\tau + d/d\tau \cdot [m_2 \cdot c_p \cdot (T_2 - T)] + d/d\tau \cdot [m_r \cdot c_{pg} \cdot (T_r - T)] + d/d\tau(C_c \cdot \varepsilon \cdot F \cdot 10^{-8} \cdot (T_p^4 - T^4)) + d/d\tau\,[C_c \cdot \varepsilon \cdot F_f \cdot 10^{-8}(T_f^4 - T^4)] \quad [\text{kcal/s}] \quad (22)$$

Bilanţul caloric în secvenţa dx se poate scrie :

$$Q_i = Q^v(D_v^{deg})^* \cdot k \cdot P_{O_2} \cdot A \cdot dx \cdot exp \cdot (E/R_gT)/W + Q^{mc}(D_{mc}^0)^* \cdot k \cdot P_{O_2} \cdot A \cdot dx \cdot exp\,(-E/R_gT)/W + m_2^* \cdot c_p(T_2 - T_0) + m_r^* \cdot c_{pg} \cdot (T_r - T_0) + C_c \cdot \varepsilon \cdot F \cdot 10^{-8}(T_f^4 - T^4)/3600 + C_c \cdot \varepsilon \cdot F_f \cdot 10^{-8}(T_f^4 - T^4)/3600. \quad [\text{kcal/s}] \quad (23)$$

2. Determinarea funcţiilor de amestec prin modelarea geometrică a arzătoarelor

Pentru aplicarea modelului matematic expus la punctul 1 este necesară determinarea fluxurilor de aer secundar şi gaze recirculate în jetul primar — pe linii de curent, deci a funcţiilor $R(x)$ şi $L(x)$. Analiza procesului, care are loc în imediata apropiere a arzătorului, tratează aerodinamica jeturilor pînă la apariţia degradării acestuia.

2.1. Condiţii de modelare a arzătoarelor

Pentru cercetarea condiţiilor de amestec, schimb de masă şi a proceselor energetice petrecute în fluidul refulat de arzătoare, s-a folosit un model analog dispus într-un fragment al camerei de ardere. Păstrarea similitudinii geometrice este necesară deoarece procesul de aprindere a combustibilului apare în prima parte a jetului, a cărui aerodinamică depinde de geometria arzătorului. Cu un astfel de model se cercetează cinematica jeturilor, obţinîndu-se date pentru compararea diferitelor construcţii de arzătoare (adîncime de pătrundere, unghi

de evazare), ca și pentru amestecarea jetului primar cu aerul și produsele de ardere.

La modelare, în plus față de similitudinea geometrică, se menține neschimbat impulsul total al fluidului ce iese din arzător:

$$(\rho_1 F_1 W_1^2 + \rho_2 F_2 W_2^2 + \ldots + \rho_n F_n W_n^2)^{nat} =$$
$$= (\rho_n F_1 W_2^2 + \ldots + \rho_n F_n W_n^2)^{model} = \text{IDEM}.$$

Raportul impulsurilor fluidelor componente conduce la următoarele relații de modelare:

$$W_1^{mod} = W_1^{nat}(\rho_1^{nat}/\rho_1^{mod})^{1/2}, \quad (25)$$

$$W_n^{mod} = W_n^{nat}(\rho_n^{nat}/\rho_n^{mod})^{1/2}. \quad (26)$$

Astfel, pentru reproducerea în model a condițiilor aerodinamice de aprindere, experimentările s-au efectuat la vitezele stabilite cu relațiile (24), ținînd cont de raportul de temperaturi utilizat între arzătorul model și cel natural.

Cercetarea amestecării se face prin metoda analogiei de temperatură. În cazul a două fluide de lucru, calculul concentrațiilor amestecului primar C_1 cu aer secundar C_2 și cu gazele din focar C_g, în fiecare punct al curgerii, ca și gradul de amestec C_1/C_2 și gradul de recirculare $C_g/C_1 + C_2 + C_g$ se determină matematic.

Cu ajutorul celor prezentate s-a executat un model la scara 1/2,5 al unui arzător ale cărui principii de funcționare au fost stabilite prin analiza matematică a unor instalații de ardere propuse teoretic și a căror dinamică a fluidelor a fost variabilă.

Măsurătorile în jet au fost efectuate în cinci secțiuni de bază $\bar{X} = X/2b_0 = 0{,}5\,;\ 1\,;\ 2\,;\ 4\,;\ 6\,;$ unde $2b_0$ este diametrul arzătorului.

Analogia de temperatură utilizată la modelare conduce la determinarea cantității de fluid recirculat din mediul înconjurător m_r, stabilită cu relația:

$$\frac{m_r}{m_1 + m_2} = \frac{t^1 - t}{t - t_r}, \quad (27)$$

unde:

$m_{1.2}$ este masa de aer primar și secundar la ieșirea din arzător;

t^1, t_r, t sînt temperaturile jeturilor arzătorului la ieșire, temperatura mediului și temperatura curentă.

2.2. Determinarea funcțiilor de amestec

În general, dacă arzătorul are în compunere două fluide de bază, amestec primar și aer secundar, se analizează pe ansamblul acestuia sau pe linii de curent funcțiile $L(x)$ și $R(x)$, care reprezintă următoarele:

$$L(x) = m_2/m_1 + m_2 + m_r, \quad (28)$$

funcția de amestec a aerului secundar cu fluidele adiacente;

$$R(x) = m_r/m_1 + m_2 + m_r, \quad (29)$$

funcția de amestec a gazelor cu fluidele principale.

În majoritatea cazurilor funcția de amestec $L(x)$ are forma:

$$L(x) = Ax + Bx^2 + Cx^3, \quad (30)$$

iar funcția $R(x)$ are forma:

$$R(x) = \begin{cases} 0 \text{ pe porțiunea ecranată} \\ A_1X + B_1X^2 + C_1X^3 \text{ în spațiul liber al focarului} \end{cases} \quad (31)$$

Determinarea acestor funcții este importantă pentru analiza aprinderii materialului combustibil în jet, o mare importanță avînd concentrația de O_2 pe linii de curent sau ansamblu arzător, precum și cantitatea de gaze recirculate în jet, care duce la ridicarea sau scăderea nivelului termic al fluidului principal (ridicare în cazul arzătoarelor de bază, scădere în cazul arzătoarelor de pornire).

Rezultatele modelării geometrice a arzătoarelor de bază sau de pornire impun o anumită geometrie a acestora, precum și necesitatea retragerii sau nu într-o cameră de ardere a acestora.

3. Experimentări la rece

Pentru modelarea la rece s-a ales un arzător turbionar retras, prevăzut cu cameră de ardere, construit la scara 1 : 2,5.

Unghiul de evazare al camerei de ardere $\alpha = 15°$ (rezultat prin stabilirea vitezelor medii în secțiunile analizate) a fost considerat ca optim, astfel încît valoarea acestor viteze să nu fie prea mare, conducînd la diminuarea proceselor de ardere și degajare de volatile ($u_{deg.ard} = exp\ (-E/RT)/W$) și nici prea mică, pentru evitarea depunerilor, precum și pentru realizarea funcțiilor de amestec optime.

Unghiul de așezare a paletelor ($\beta = 30°$) realizează o turbionare medie, astfel încît gradul de recirculare interioară să conducă la un amestec optim, iar absorbția din mediul înconjurător să fie redusă. Pe partea de amestec aer-praf s-a utilizat o spirală care realizează un grad de turbionare a fluidului primar de 3,0.

Pentru reproducerea în model a condițiilor aerodinamice de aprindere s-a menținut raportul impulsurilor fluidelor componente constant, obținîndu-se parametrii de funcționare prezentați în tabelul 1.

Temperatura fluidului primar a fost 38,8°C, a fluidului secundar de 139°C și a mediului ambiant de 29°C. Prin calculul bilanțului termic și masi în secțiunile analizate s-a determinat

modul de amestec al fluidelor componente, precum și cantitatea de fluid ejectat din mediul înconjurător.

Avînd la dispoziție toate aceste măsurători s-au calculat pe liniile de curent concentrațiile de aer de ardere și cele de gaze de ardere, acestea fiind elementele principale care oferă o imagine clară asupra amestecului realizat ($R(x)$ și $L(x)$). Experimentările au pus în evidență următoarele:

a. Concentrația gazelor de ardere pe linii de curent (fig. 3) oferă imaginea unui amestec intens în toate zonele camerei de ardere, exceptîndu-se suprafața exterioară a jetului, lîngă peretele difuzorului ($\mu_R = 75\,\%$). Începînd cu secțiunea $X = 4b_0$ amestecul fluxului primar cu gazele de ardere este desăvîrșit, avînd o valoare a concentrației $\mu_R = 98-104\,\%$ practic pe toate liniile de curent.

b. Analizînd concentrația aerului de ardere (fig. 4) se remarcă difuzarea rapidă a acestuia în camera de ardere, existînd, pe liniile de curent extreme, un exces sporit pînă la secțiunea $X = 2b_0$ ($\mu_a = 110\,\%$), iar pe liniile de curent interne, un exces puțin diminuat pînă la $X = 4b_0$ ($\mu_a = 95\,\%$).

c. Curbele de concentrații se completează reciproc, considerîndu-se amestecul omogen format în cadrul camerei de ardere, începînd cu secțiunile $X = 2b_0$ și $X = 4b_0$ ($\mu_R = 98-104\,\%$, $\mu_a = 103-97\,\%$).

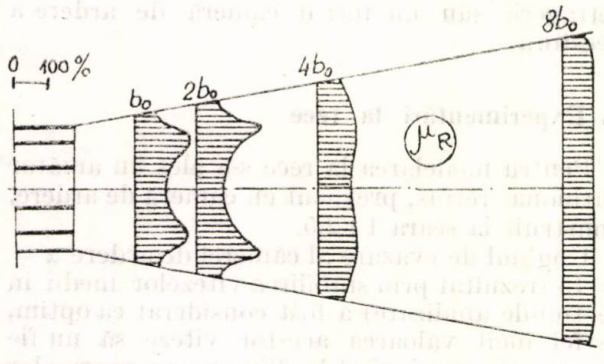


Fig. 3. Concentrația gazelor de ardere pe linii de curent.

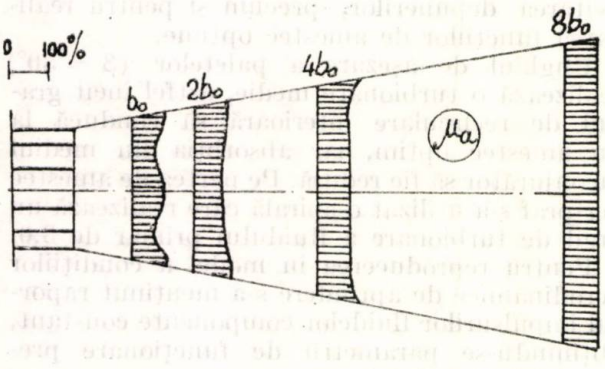


Fig. 4. Concentrația aerului secundar pe linii de curent.

Tabelul 1

Parametrii de funcționare a arzătorului modelat la rece

Parametrul \ Component		Fluid primar interior	Fluid primar exterior	Fluid secund
Debit	kg/s	0,245	0,247	0,126
Viteza	m/s	18,5	14,8	22
Debit experimental	kg/s	0,2459	0,2475	0,134
Abatere	%	0,36	0,11	6,3

3.1. Aplicarea modelului fizico-matematic pentru arzătorul de pornire modelat la rece

Modul în care parametrii importanți influențează aprinderea și arderea combustibilului solid introdus în focar este prezentat în continuare:

3.1.1. Cantitatea de gaze de ardere difuzată pe linii de curent prin recirculație interioară

Gazele de ardere fierbinți provenite din arderea gazului metan suport, conduc la creșterea nivelului termic în flacără, deci la intensificarea proceselor energetice din focarele cazanelor de abur. Procesul de ardere al gazului metan fiind un proces ajutător, separat, răspîndirea produselor de ardere în fluxul primar al instalației de pornire se face treptat, cu intensitate ridicată în faza inițială, unde parametrii dinamici au valori ridicate. În aceste condiții, în secțiunile apropiate secțiunii de ieșire ($X = b_0 \div 2b_0$), valoarea concentrației de gaze de ardere definită ca $\mu_R = m_R/m_1$ (m_1 — debitul de fluid primar) este mult diferită de la o secțiune echivalentă la alta, apărînd linii de curent numeroase ce aparțin unor secțiuni mici. În această zonă divizarea jetului primar este pronunțată, avînd un grad de neuniformitate ridicat. Evident, valorile temperaturilor medii pe linii de curent se vor găsi într-o plajă largă (fig. 5). Pe măsură ce amestecul de fluid primar-secundar se omogenizează, viteza de creștere a temperaturii în flacără devine constantă, temperatura finală pe linii de curent diferențiindu-se numai datorită procesului inițial descris.

3.1.2. Cantitatea de aer de ardere difuzată pe linii de curent

În procesul de ardere o importanță deosebită o are asigurarea necesarului de oxigen în apropierea particulelor de praf de cărbune, deci asigurarea optimului de aer de ardere. Concentrația de oxigen pe liniile de curent (direct proporțională cu concentrația de aer definită

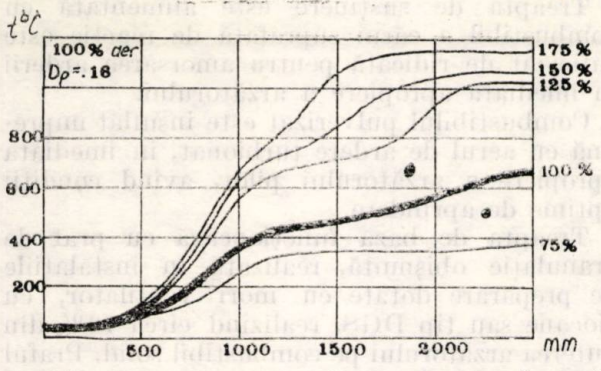


Fig. 5. Temperatura fluidului pe linii de curent cu μ_R variabil.

ca $\mu_a = m_1/m_1 + m_R$), se găseşte într-un domeniu restrîns de valori, datorită faptului că materialul combustibil este refulat de arzător tocmai prin intermediul acestui fluid. Odată cu avansarea procesului de amestec, fluidul analizat este omogen din punctul de vedere al factorului μ_a; variaţia temperaturii în jet este prezentată în figura 6.

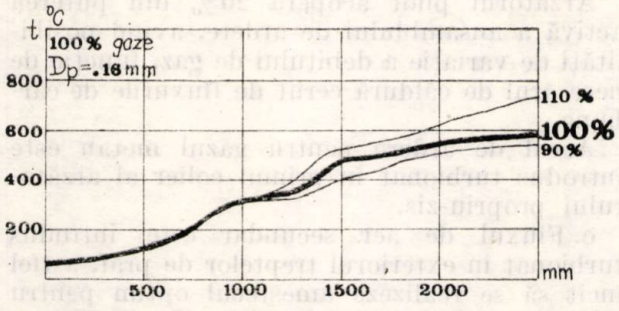


Fig. 6. Temperatura fluidului pe linii de curent cu μ_a variabil.

3. 1. 3. Cantitatea şi dimensiunea particulelor de praf de cărbune difuzată pe linii de curent

Concentraţia de praf de cărbune definită ca $\mu_a = m_c/m_1 + m_R$ are un mod de variaţie similar cu concentraţia aerului de ardere, acesta din urmă fiind elementul purtător al combustibilului.

Un element important îl are totuşi dimensiunea particulelor, avînd în vedere că viteza de ardere a acestora este direct proporţională cu suprafaţa lor de reacţie. Din acest punct de vedere, pe liniile de curent apropiate secţiunii de ieşire ($X = b_0 \div 2b_0$) nu se observă o segregaţie în distribuţia granulometrică, dar odată cu avansarea jetului, datorită mişcării turbionare creşte ponderea particulelor grosiere în partea exterioară a acestuia. Modul de variaţie a temperaturii flăcării, funcţie de granulaţia cărbunelui este prezentat în figura 7.

3. 1. 4. Analiza funcţionării arzătorului

În urma determinării concentraţiilor de gaze de ardere, aer de ardere şi combustibil solid pe linii de curent, se poate aplica modelul mate-

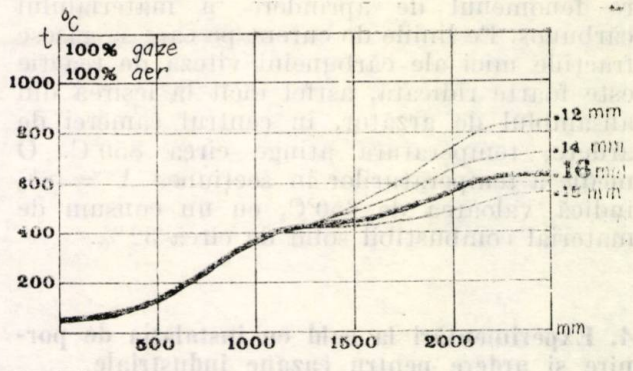


Fig. 7. Temperatura fluidului pe linii de curent cu D_p variabil.

matic de aprindere şi ardere propus. În aceste condiţii s-au determinat evoluţiile temperaturilor pe ansamblul jetului şi s-au delimitat spaţiile cu temperaturi constante (izoterme) (fig. 8.)

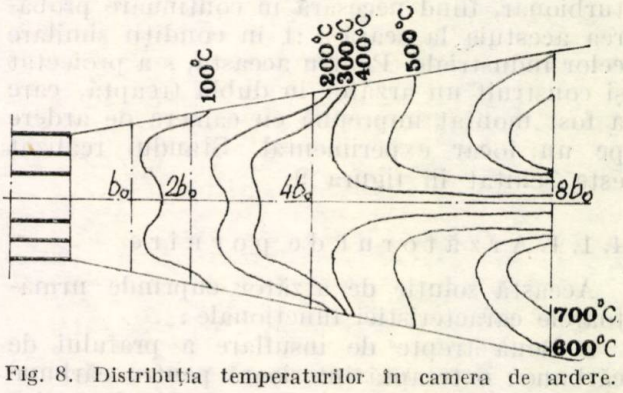


Fig. 8. Distribuţia temperaturilor în camera de ardere.

În prima parte a camerei de ardere pînă la distanţa $X = b_0$ apare amorsarea arderii gazului metan care conduce la ridicarea temperaturilor ansamblului de fluide. Procesul de ardere se intensifică încît la distanţa $X = 5b_0$ arderea gazului metan este terminată. Concomitent cu acest proces apare degajarea volatilelor din combustibilul solid introdus. Pe ansamblul arzătorului procesul de degajare a volatilelor are loc în spaţiul $X = 2b_0 \div 7b_0$. Pe liniile de curent unde concentraţia gazelor de ardere atinge valorile maxime ($\mu_R = 150-175\,\%$), degajarea volatilelor se produce cu intensitate ridicată, procesul terminîndu-se în spaţiul $X = 2b_0 \div 4b_0$. În partea centrală a camerei de ardere apare procesul de ardere a materiilor volatile, începînd cu distanţa $X = 3b_0$, acest proces continuînd pînă la ieşirea gazelor din camera de ardere. Pe ansamblul arzătorului se consumă 40 % din cantitatea totală de volatile intrată în reacţie. Pe liniile de curent favorizate de intensitatea ridicată a procesului de degajare a volatilelor, arderea acestora se desăvîrşeşte în cadrul camerei de ardere.

Odată cu consumarea gazului metan şi a aprinderii volatilelor temperatura amestecului format creşte, atingînd valoarea de 400°C la distanţa $X = 4b_0 \div 5b_0$. În acest moment apa-

re fenomenul de aprindere a materialului cărbunos. Pe liniile de curent pe care se găsesc fracțiile mici ale cărbunelui viteza de reacție este foarte ridicată, astfel încît la ieșirea din ansamblul de arzător, în centrul camerei de ardere, temperatura atinge circa 850°C. O medie a temperaturilor în secțiunea $X = 8b_0$ indică valoarea de 650°C, cu un consum de material combustibil solid de circa 32%.

4. Experimentări la cald cu instalația de pornire și ardere pentru cazane industriale

4.1. Descrierea instalației experimentale

În urma analizelor efectuate pe model și prelucrării datelor pe calculator s-au stabilit caracteristicile arzătorului în trepte, de tip turbionar, fiind necesară în continuare probarea acestuia la scara 1:1 în condiții similare celor industriale. Pentru aceasta, s-a proiectat și construit un arzător în dublă treaptă, care a fost montat împreună cu camera de ardere pe un focar experimental. Standul realizat este schițat în figura 9.

4.1.1. Arzătorul de pornire

Această soluție de arzător cuprinde următoarele caracteristici funcționale:

a. Două trepte de insuflare a prafului de cărbune: o treaptă interioară pentru cărbune preparat la granulația $R_{90} = 25\%$, denumită treaptă de susținere, și o treaptă exterioară pentru praf preparat la granulația $R_{90} = 55-60\%$, denumită treaptă de bază.

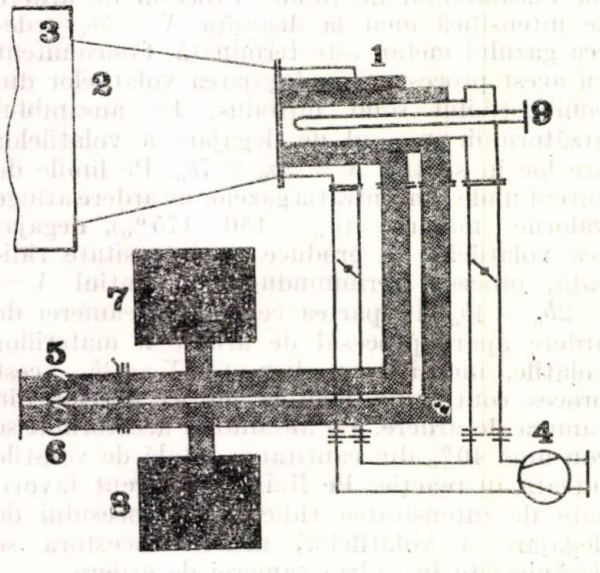


Fig. 9. Instalația experimentală prevăzută cu arzător în dublă treaptă: 1 — arzător; 2 — cameră de ardere; 3 — focar experimental; 4 — ventilator aer secundar; 5, 6 — ventilator aer primar; 7 — buncăr praf grosier; 8 — buncăr praf fin; 9 — instalație gaz metan.

Treapta de susținere este alimentată cu combustibil a cărui suprafață de reacție este suficient de ridicată pentru amorsarea arderii în imediata apropiere a arzătorului.

Combustibilul pulverizat este insuflat împreună cu aerul de ardere turbionat, în imediata apropiere a arzătorului pilot, avînd condiții optime de aprindere.

Treapta de bază funcționează cu praf de granulație obișnuită, realizată în instalațiile de preparare dotate cu mori ventilator, cu ciocane sau tip DGS, realizînd circa 70% din puterea arzătorului pe combustibil solid. Praful este introdus împreună cu o parte din aerul de ardere considerat aer primar, turbionat, în vecinătatea treptei de susținere, arderea acestor particule realizîndu-se cu aport caloric primit de la treapta de susținere.

b. Arzătorul pilot, funcționînd pe gaz metan, este introdus în mijlocul ansamblului și este necesar în vederea realizării aprinderii prafului de cărbune și pentru susținerea flăcării prafului eliberat din treapta de susținere.

Arzătorul pilot acoperă 20% din puterea activă a ansamblului de ardere, avînd posibilități de variație a debitului de gaz, funcție de necesarul de căldură cerut de fluxurile de cărbune.

Aerul de ardere pentru gazul metan este introdus turbionat în primul colier al arzătorului propriu-zis.

c. Fluxul de aer secundar este introdus turbionat în exteriorul treptelor de praf, astfel încît să se realizeze amestecul optim pentru asigurarea unui grad de ardere ridicat al combustibilului solid.

4.1.2. Camera de ardere

La ieșirea din arzătorul de pornire este montată o cameră de ardere necranată, în care se efectuează amestecul intim de ardere al aerului cu praful de cărbune și amestecul gazelor de ardere provenite din combustia gazului metan cu fluidul primar. Prin creșterea nivelului termic se îndeplinesc în camera de ardere condițiile de aprindere a materialului volatil și carbonos.

4.1.3. Focar experimental

În avalul camerei de ardere, procesul de combustie al volatilelor și materialului carbonos continuă în camera focară, ecranată și prevăzută cu aparatură de măsură și control al arderii.

4.2. Interpretarea rezultatelor și concluzii

4.2.1. Referințe și concluzii la arderea lignitului în instalații de pornire

a. În faza de pornire, amorsarea arderii prafului de cărbune s-a efectuat cu ajutorul

combustiei gazului metan adiacent, realizîndu-se o aprindere rapidă a combustibilului solid cu un aport caloric mediu $x_m = 17{,}95\%$. În această fază, flacăra a fost stabilă, fără pulsații, temperaturile în focar atingînd valorile următoare: $t_1 = 930-980°C$ la ieșirea din camera de ardere, $t_2 = 880-990°C$ la distanța de 2,5 m, $t_3 = 840-980°C$ la distanța de 4,5 m și $t_4 = 620-940°C$ la distanța de 6,3 m. Temperaturile minime se referă la sarcini de 4,04—7,04 Gcal/h, iar temperaturile maxime sînt obținute la sarcina de 12,65 Gcal/h.

b. S-au efectuat manevre de corecție a aerului de ardere în focar și de reducere a consumului de hidrocarburi. S-a obținut o ardere stabilă la un consum de hidrocarburi suport de $x = 5{,}15-6{,}4\%$, temperaturile în focar avînd următoarele valori: $t_1 = 785-800°C$ și $t_4 = 735-790°C$. Flacăra s-a dezvoltat pe traseul întregului focar, atingînd intensitatea maximă la circa 3 m de ieșirea din camera de ardere.

c. Analiza nearselor din cenușa prelevată din focar ($c_{cen} = 8{,}7\%$ la mijlocul focarului și $c_{cen} = 5{,}7\%$ la sfîrșitul cazanului) indică o pierdere de căldură prin nearse mecanice de $q_4 = 5{,}5\%$, valoare foarte scăzută în raport cu performanțele mondiale (arzătoarele R.D.G. funcționează cu $q_4 = 40-50\%$). Acest procent redus este justificat de prezența camerei de ardere în ansamblul de pornire, element ce ajută la prepararea combustibilului solid în vederea oxidării complete a materialului carbonos cuprins în structura prafului.

d. Analiza gazelor de ardere a relevat utilizarea unui exces de aer $\alpha = 0{,}995-1{,}26$, valoare relativ redusă față de valorile obținute în tehnologiile clasice ale arderii prafului de cărbune. Excesul redus de aer este necesar pentru a se obține entalpii teoretice de ardere ridicate — optime combustiei în mediu rece. Apariția oxidului de carbon nu este favorabilă procesului, eliminarea acestuia realizîndu-se prin reglajul corect al aerului de ardere în focar.

e. Încărcările termice specifice utilizate în arderea prafului de cărbune pe focarul experimental, comparate cu instalațiile industriale sînt: — încărcarea termică pe suprafața brîului arzătorului:

$q_{sb} = 0{,}251$ Gcal/m²h față de $q_{sb}^{in} = 0{,}434$ Gcal/m²h;

— încărcarea termică de volum a brîului arzătorului:

$q_{vb} = 0{,}402$ Gcal/m³h față de $q_{vb}^{in} = 0{,}378$ Gcal/m³h.

Se remarcă faptul că încărcarea termică q_{sb}^{in} este superioară valorii utilizate în cercetare, iar q_{vb}^{in} este apropiată valorii obținute pe stand. Avînd în vedere faptul că gradul de ecranare industrial este inferior ecranării focarului experimental, element stimulator procesului de ardere, este de așteptat ca funcționarea arzătorului de pornire la cazanele energetice să fie optimă, la parametrii asemănători celor obținuți pe stand — reprezentativitatea probei fiind realizată.

f. La un aport minim de hidrocarburi realizat experimental de 5,18%, valoare ameliorată odată cu încălzirea focarului, se estimează un consum mediu de hidrocarburi pentru o pornire industrială de 4,48%. Pentru o comparație la valori absolute, la o pornire la rece a cazanului de 1035 t/h se consumă actual circa 120 tone păcură, iar același cazan prevăzut cu instalație de pornire cu arzătoare în dublă treaptă și anexele respective, va necesita în viitor un consum de 5,37 tone păcură.

4. 2. 2. Referințe și concluzii la arderea combustibililor superiori în arzătoare cu dublă treaptă

a. În scopuri industriale, pentru înlocuirea flăcării de hidrocarburi suport la cazanele funcționînd pe combustibili solizi cu caracteristici energetice foarte defavorabile (șisturi bituminoase) sau pentru pornirea acestora de la rece, au fost efectuate încercări de ardere cu un combustibil cărbune brun spălat provenit din bazinul Mehadia caracterizat prin: $Q_i^i = 3200 - 3500$ kcal/kg, $W_t^i = 21{,}3\%$, $A^{anh} = 36{,}2\%$.

b. Combustia prafului preparat la umiditatea de analiză $W^a = 9{,}8\%$, cu o putere calorică $Q_i^i = 5240$ kcal/kg, avînd $R_{90} = 54\%$ și $R_{200} = 0\%$, s-a efectuat în mediu rece fără aport de hidrocarburi. La excesul de aer utilizat $\alpha = 1{,}0-1{,}22$ s-a obținut o ardere stabilă, fără pulsații, temperaturile atingînd valorile: $t_1 = 970°C$ la nivelul camerei de amestec, $t_2 = 990°C$ la 2,1 m, $t_3 = 790-940°C$ la 4,2 m și $t_4 = 670-740°C$ la 6,3 m. Frontul flăcării de praf are intensitatea maximă la circa 1,5 m de ieșirea din ambrazură, dezvoltîndu-se pe circa 5 m de cameră focară.

c. Regimul stabil s-a obținut la o încărcare termică specifică $q_{sb} = 0{,}172$ Gcal/m²h și $q_{vb} = 0{,}28$ Gcal/m³h, pentru o putere termică a arzătorului de 65—70%.

d. Utilizarea acestui tip de combustibil — lignit cu un grad de incarbonizare foarte scăzut — pentru pornire și suport flacără de bază, se dovedește foarte utilă, conducînd la înlocuirea totală sau parțială a hidrocarburilor utilizate în arderea șisturilor bituminoase sau a altor combustibili inferiori.

Avînd în vedere rezultatele pozitive obținute în cadru experimental, în viitorul apropiat, procedeul de ardere a combustibililor pulverizați în mediu rece (ST—EN) se va aplica industrial la un cazan de 100 t/h, utilizîndu-se arzătoare în dublă treaptă, atît la pornire, cît

și pentru suportul flăcării de bază, tehnologie care va permite diminuarea masivă a hidrocarburilor necesare producerii energiei electrice.

Bibliografie

[1] Zelkowski, J. *Analiză spalania w paleniskach pylowych.* In : Prace Instytutu Energetyki, Warsawa, 1975, p. 7—64.

[2] Popa, T., Totoiu, C., Müller, I. *Arderea cărbunelui brun cu conținut ridicat de cenușă, fără suport de hidrocarburi.* In : Energetica, 1982, nr. 7, p. 315—322.

[3] Zelkowski, J. *Nektere problemy stabilizace plamene.* In : Energetyka, 1977, p. 417—420.

[4] * * * *Analiza condițiilor de aprindere și ardere pentru arzătoare de tip fantă.* Lucrare ICEMENERG, București, 1981.

(Primit la 17 iulie 1984, acceptat la 16 noiembrie 1984)

Cercetarea experimentală privind îmbunătățirea șisturilor bituminoase românești prin spălare în medii dense

Dr. ing Valentina Bălan, ing. Silvia Picu*

Experimental Studies Concerning Romanian Bituminous Shales Upgrading by Washing in Dense Media

(Condensed from the paper in Romanian)

The paper contains laboratory and pilot station tests regarding the upgrading of bituminous shales from the Anina field in order to increase the heating value and to decrease the mine waste content with an endothermal effect in the burning process.

The upgrading tests have been carried out on a pilot gravitational 2 t/h preconcentration installation using ferrosilicon as a dense medium.

A large range of tests at different washing capacities is presented as well as the liquid-solid balance of the preconcentration process, analyzing the factors which influence the process as well as the measures to be considered.

The experimental part

In order to upgrade the shales, a densimetric analysis of the granulometric ranges 20—50 mm and 20—100 mm at a specific weight of the separation agent between 1.9 and 2.6 kg/dm³ (Table 1, Fig. 1) and a granulometric analysis of the shale ranging from o to 100 mm (Table 2, Fig. 2) have been carried out. The densimetric analysis has been carried out in a laboratory stage, using organic liquids, bromoform and carbon tetrachloride with densities between 1.9 and 2.6 g/cm³.

Due to the fact that in the mineralogical composition of these shales one can find kaolinite as well, which creates a slimy medium in contact with water, damaging to the gravitational concentration process, the shale has been washed priorily with water in order to eliminate the fine slime.

The washing installation consists of the supply bunker with a capacity of 1 m³, the rotating Ø800 mm disk feeder with an electric (0.55 kW) electromotor, a washing drum having d = 800 mm and l = 1500 mm, internal 100 mm high coils, a 150 mm pitch, the discharge sieve of the drum ; the drum has 8.5 rot/min.

The washing drum capacity, taking into account that it has internal blades, has been calculated with the formula :

$$Q = 15\pi\ (D_i^2 - D_p^2) P \cdot n \cdot \psi \cdot K_v \cdot \rho,$$

where : D_i is the internal drum diameter, m ;
D_p — the antipodal distance between the blades, m ;
P — the spiral pitch, m ;
n — the drum's rotation speed, rot/min ;
K_v — the factor determined by the spiral discontinuity (0.4) ;
ψ — the filling factor for the cross-section (0.25) ;
ρ — the density of the mixture substance and wash water in the drum, t/m³ ;
Q_v — the capacity, t/hour.

The spiral sizer capacity was calculated with formula :

$$Q = 150\ D^3\ nK\ \text{(t/24 h)},$$

where : D is the spiral diameter, m ;
n — the spiral rotation speed, rot/min ;
K — the correction factor depending on the specific weight of the coal (1.07).

Taking into account the fact that the bituminous shale has in its mineralogical composition a high content of clay, the present losses by the kaolinite dehydrocylation (Fig. 3), the washing at a L :S = 3 :1 ratio has been considered as favourable ; the washing has been performed at following capacities : 0.9 t/h, 1.5 t/h and 2.0 t/h.

The washing process liquid-solid balance is given in Table 3.

The washing parameters at the three washing capacities are given in Table 4.

From the obtained values it results that the washing of shales with water is carried out under good conditions at a washing capacity of 1.5 t/h and a L :S = 3 :1 ratio.

Fig. 4 shows the decantation diagram of the shales washing water (sizer spill) where 50 g/t polyacrylamide have been used for decantation.

For the preconcentration tests the used dense medium chosen was a watery ferrosilicon suspension. The suspension has been prepared at different densities, 2000—2400 g/l of the ferrosilicon medium, while for ensuring the suspension stability 2—3% bentonite versus the ferrosilicon weight has been added.

The relation suspension viscosity has been calculated :

$$\eta_c = \eta_a \frac{T_s \cdot \gamma_s}{T_a \cdot \gamma_a},$$

where :
η_c is the suspension viscosity versus water (cP) ;
η_a — the water viscosity (0.01 Poisse at 20°C) ;
T_s, T_a — the respective suspension water flowing time (sec.).

* Dr. ing. Valentina Bălan — cercetător științific principal la ICEMENERG, ing. Silvia Picu — cercetător științific principal la ICPMMN Baia-Mare.

In Fig. 5 the viscosity variation depending on the specific weight of the medium is presented and in Fig. 6 the sedimentation speed variation depending on the bentonite ratio in the ferrosilicon suspension.

The viscosity at the optimal working value 2.0—2.2 kg/dm³ was of $\eta_c = 0.049$ Poisse.

The preconcentration installation (Fig. 7) consists of a bunker, a vibrating electromagnetic feeder, the separation drum. Inside the drum the mine waste separation from the organic component of the shale takes place due to the specific weight difference.

The easier shale floates and is discharged at the same time with the ferrosilicon suspension which is spilled while the mine waste falls on the bottom and advances to the discharge end due to the drum's conical shape and is then collected in the beakers of an elevator system installed at the drum's end. Both products (the shale and the waste) fall on sieves : a stationary one and a vibrating one for the drainage of the dense medium. The lower part of the sieve is sprayed with strong water jets for washing away the ferrosilicon that still clings to the products.

The suspension drained on the stationary sieve (of both products) together with the one drained on the upper part of the vibrating sieve is collected in a pool located under the sieves from where it is pumped and recirculated partly in the drum and partly in the agitator. The agitator also serves as a buffer pool being connected in the lowet part to the heavy suspension pool through a valve duct.

The suspension diluted with water and impurified with shale slime adherent to the material parts subject to preconcentration is collected in a second pool from where it is pumped upwards to the magnetic separator for purification. The ferrosilicon recovered from the magnetic separator passes inside the demagnetization coil and is led further to the heavy suspension pool.

The results obtained at preconcentration at different specific weights of the dense medium are preesented in Table 5.

Conclusions

— In order to enrich the Romanian bituminous shales from the Anina field, they need a preliminary washing with water in order to eliminate the clay adherent to the shale pieces classified at 20—50 mm (20—100 mm). The optimal separation is obtained at a liquid-solid ratio L :S=3 :1.

— As a result of the mine waste separation tests and of the shale preconcentration at different separation medium values an elimination of the mine waste contained in the shale, of 40—60%, is observed as well as an enriching of about 500 kcal/kg, the dense medium having values of 2.0—2.1 kg/dm³.

— The caloric loss in the mine waste is small : 190—200 kcal/kg.

— The siderite (CO_3Fe) is the main mineralogic component containing iron and constitutes about 7 and 8% of the shale mass. The rest iron containing materials, limonite ($Fe_2O_3 \cdot 4\ H_2O$), pyrite (FeS_2) reach quantities of (0.5+1.0%).

— The improvement of the shales by eliminating some mineralogic components from the mine waste can be achieved through different technologies depending on the crude shale granulometric classes dimension.

— A future problem is the progress of technological studies for finding an economic industrially feasible technology for the complex use of shales regarding mainly the extraction opportunity and other useful minerals.

Introducere

Rezervele importante de șisturi bituminoase din țara noastră cu procent ridicat de steril și politica energetică recent adoptată de reducerea consumului de hidrocarburi au determinat inițierea unor cercetări prioritare privind separarea sterilului în medii dense în scopul îmbunătățirii calitative a șisturilor pentru centralele electrice și obținerii unor materii prime pentru metalurgia feroasă (siderite), din subprodusele rezultate de la îmbogățirea șisturilor, în vederea valorificării fierului.

Prin eliminarea unor cantități importante de steril, se vor îmbunătăți condițiile de transport, manipulare, combustie și reducerea adaosului de hidrocarburi la cazanele cu abur funcționînd pe șisturi.

Modul de lucru

În scopul preconcentrării șisturilor a fost necesară o analiză densimetrică a clasei 20—50 mm la o greutate specifică a mediului de separare cuprinsă între 1,9—2,6 kg/dm³ (tab. 1, fig. 1) și o analiză granulometrică a șistului clasa 0—100 mm (fig. 2, tab. 2).

Analiza densimetrică s-a efectuat în lichide organice, bromoform și tetraclorură de carbon la densitățile 1,9—2,6 g/cm³.

Datorită faptului că în compoziția mineralogică a acestor șisturi se află și caolinitul, care în contact cu apa creează un mediu vîscos, dăunător procesului de concentrare gravitațională, s-a făcut în prealabil o spălare cu apă a șistului, în scopul eliminării șlamurilor fine.

— Caracteristicile probei :

- greutate specifică : 2,32 g/cm³
- conținut de cenușă : 76%
- conținut de fier : 6,53%
- conținut de sulf : 1,15%

— Caracteristicile instalației de spălare :

Instalația de spălare cuprinde : silozul de alimentare de capacitate 1 m³, alimentator cu disc rotativ Ø 800 mm, dotat cu motor electric (0,55 kW), tambur de spălare d = 800 mm ; l= 1500 mm, spirale interioare înălțime 100 mm, pasul 150 mm.

— ciur de evacuare (a tamburului), număr rotații (tambur 8,5 rot/min).

Capacitatea tamburului de spălare, ținînd cont că acesta dispune de palete interne, s-a calculat după relația :

$$Q = 15\pi\ (D_i^2 - D_p^2)\ P \cdot n \cdot \psi \cdot K_v \cdot \rho, \qquad (1)$$

unde : D_i este diametrul interior al tamburului, m ;

D_p — distanța între paletele diametral opuse, m ;

P — pasul spiralei, m ;

n — turații ale tamburului, rot/min ;

K_v — coeficientul determinat de discontinuitatea spiralei (0,4) ;

ψ — coeficientul de umplere a secțiunii transversale (0,25) ;

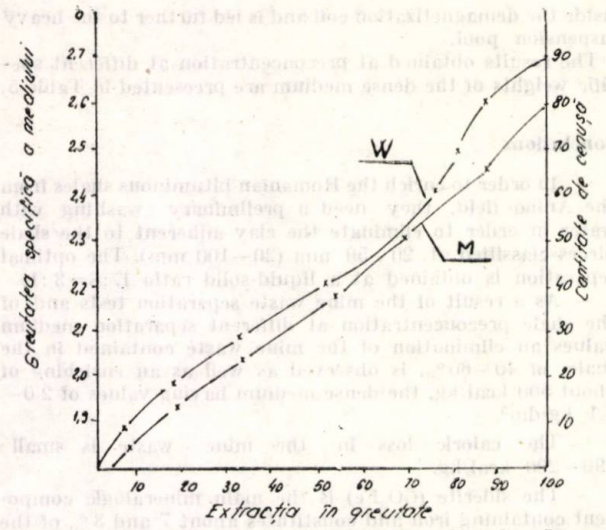


Fig. 1. Curba densimetrică a șistului brut, clasa 20—50 mm.

Tabelul 1

Analiza densimetrică a șistului bituminos clasa 20—50 mm

Fracțiuni densimetrice greutate specifică [g/cm³]	Cantități elementare Q [%]	Cantități cumulate Q [%]	Cenușă elementară y [%]	Qy	$\frac{Qy}{100\,\%}$
−1,9	6,36	6,36	59,40	441	4,41
1,9—2,0	12,05	18,41	72,70	876	13,17
2,0—2,1	14,45	32,86	76,80	1110	24,27
2,1—2,2	18,68	51,54	78,50	1446	38,73
2,2—2,3	15,86	67,40	80,90	1282	51,56
2,3—2,4	8,35	75,75	82,40	688	58,44
2,4—2,5	4,49	80,24	84,50	380	62,24
2,5—2,6	5,69	85,93	89,05	506	67,30
+2,6	14,07	100,00	93,79	1320	80,50
	100,00	Abscisa W—M		Ordonata W	

Tabelul 2

Analiza granulometrică a șistului clasa 0—100 mm

Clasa [mm]	Extracția clasei		Conținut de cenușă A^{anh} [%]	Conținut de fier Fe [%]	Putere calorică Q_i^i [kcal/kg]
	Simplu	Cumulat			
+50	3,00	3,00	74,80	6,86	612
40—50	5,73	8,73	76,00	6,53	762
30—40	2,23	10,96	76,00	6,53	762
20—30	9,04	20,00	76,00	6,53	862
10—20	11,03	31,03	77,20	2,92	—
5—10	18,76	49,79	76,90	2,81	994
3— 5	14,90	64,69	77,30	3,15	1080
2—3	0,32	65,01	75,50	3,59	
1— 2	6,00	71,01	75,60	3,37	
0,5— 1	6,53	77,54	75,20	3,12	
0,25—0,50	4,48	85,02	75,60	2,90	
0,16—0,25	2,82	84,84	75,70	3,15	
0,10—0,16	1,41	86,25	76,20	3,51	
0,08—0,010	1,52	87,77	77,10	2,50	
0,063—0,08	0,64	88,41	77,00	3,12	
0,043—0,063	0,85	89,26	78,40	3,70	
—0,043	10,74	100,00	81,40	3,01	

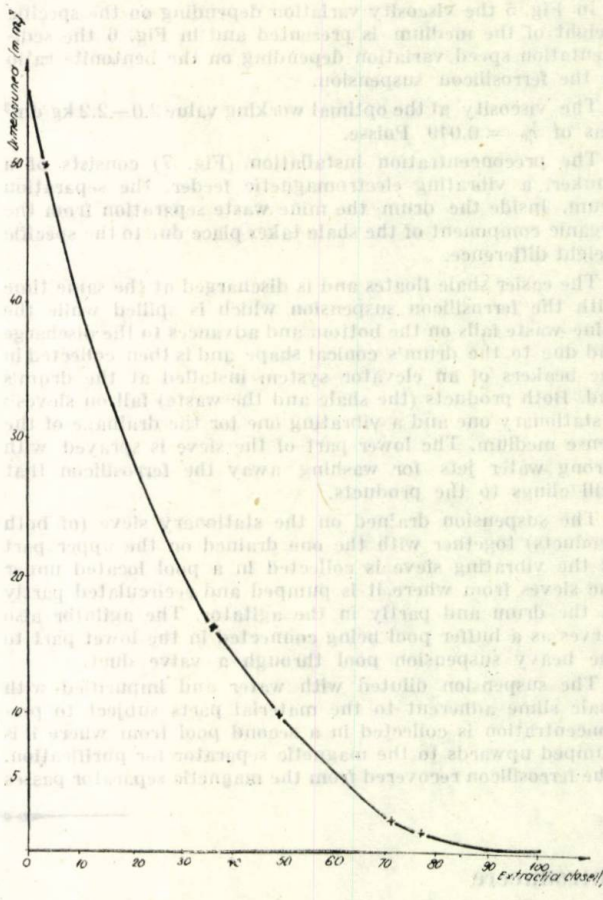


Fig. 2. Curba granulometrică a șistului brut.

ρ — densitatea amestecului de material și apă de spălare din tambur, t/m³;

Q_v — capacitatea ,tone/oră.

Capacitatea clasorului spiral s-a calculat cu relația :

$$Q = 150\ D^3 \cdot n \cdot K,\ (t/24\ \text{h}) \qquad (2)$$

unde : D este diametrul spiralei, m;

n — turația spiralei, rot/min;

K — coeficientul de corecție în funcție de greutatea specifică a materialului cărbunos (1,07).

Avînd în vedere că șistul bituminos are în compoziția mineralogică un conținut ridicat de material argilos, după cum se remarcă și din analiza termică (pierderile procentuale prin dehidroxilarea caolinitului (fig. 3), s-a considerat ca favorabilă spălarea la raport, L :S = 3 : 1, spălarea efectuîndu-se la capacitățile 0,9 t/h; 1,5 t/h și 2,0 t/h.

Bilanțul lichid—solid al procesului de spălare este redat în tabelul 3.

Parametrii de spălare la cele trei capacități de lucru sînt redați în tabelul 4.

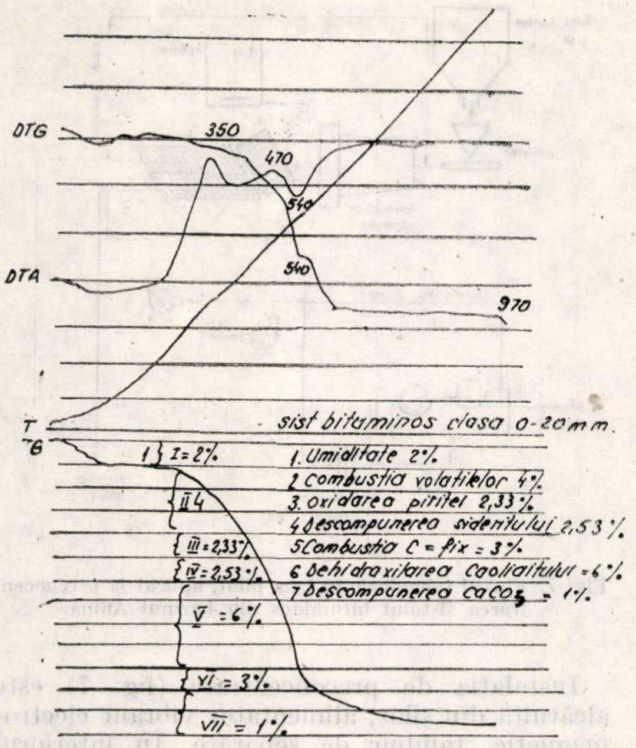


Fig. 3. Şist bituminos Anina clasa 0—20 mm.

Tabelul 3

Bilanţul lichid-solid al procesului de spălare a şistului la capacităţile de 0,9; 1,5 şi 2,0 t/h

	Şist [t/h]	Apă [m³/h]	Şist [t/h]	Apă [m³/h]	Şist [t/h]	Apă [m³/h]
Alimentare	0,900	0,018	1,500	0,030	2,000	0,040
Şist spălat	0,745	0,023	1,279	0,071	1,744	0,090
Refuz clasor	0,090	0,020	0,135	0,038	0,148	0,043
Revărsare clasor	0,065	0,640	0,086	4,367	0,108	5,827

Tabelul 4

Parametrii de spălare ai şistului

Denumirea produselor	Extracţie în greutate [%]	Umiditate [%]	Densitate [g/l]	Conţinut procentual		Debit de spălare [t/h]
				Cenuşă	Fier	
Alimentare	100,00	2,50		77,10	6,53	
Şist-spălat	82,78	4,00		76,95	6,75	
Refuz clasor	10,00	18,00		76,66	6,77	
Revărsare clasor	7,22	—	1,006	80,00	3,62	0,90
Alimentare	100,00	2,50		76,80	6,49	
Şist-spălat	85,30	5,60		77,40	6,86	
Refuz clasor	9,00	19,00		76,50	6,91	
Revărsare clasor	5,70	—	1,010	80,60	3,70	1,50
Alimentare	100,00	2,50		77,14	6,82	
Şist-spălat	86,10	6,00		78,01	6,97	
Refuz clasor	7,40	22,00		76,86	7,01	
Revărare clasor	6,50	—	1,016	80,00	3,58	2,00

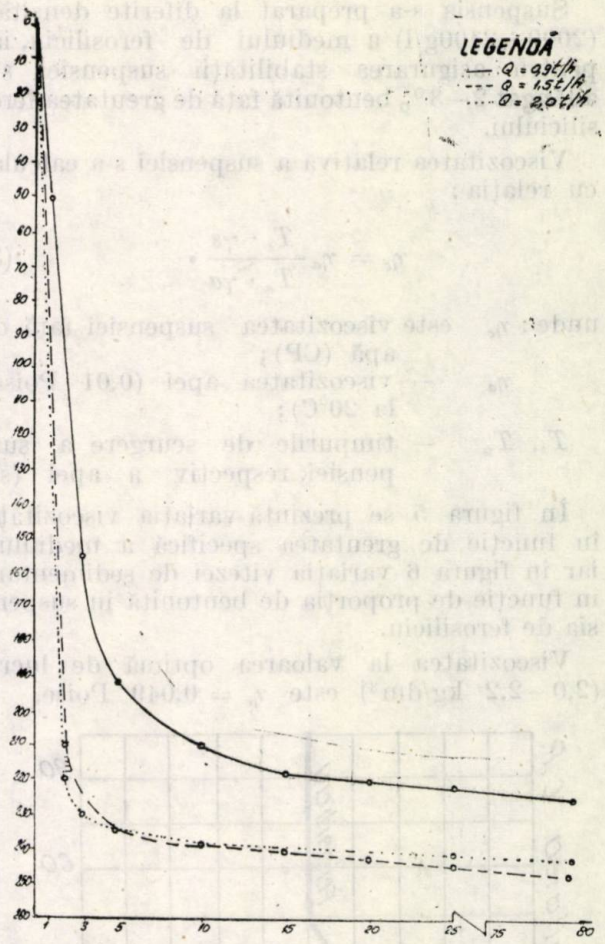


Fig. 4. Curba de decantare a şlamului rezultat de la spălarea şlamului clasa 20—50 cu 50 g/t poliacrilamidă.

Din valorile obţinute, rezultă că spălarea şistului cu apă se efectuează în bune condiţii la o capacitate de spălare de 1,5 t/h şi un raport L : S = 3 : 1.

În figura 4 se redau curbele de decantare ale apei de spălare a şisturilor (revărsare clasor), unde pentru decantare s-a folosit 50 g/t poliacrilamidă.

Încercări de preconcentrare

Mediul dens folosit a fost o suspensie de ferosiliciu (în apă) de compoziţie :

Fe = 80%	Si = 18%	C = 1 %
S = 0,06%	P = 0,1%	Al = 0,5%
Mn = 0,05%	Cu = 0,5%	Cr = 0,5%

avînd următoarea repartiţie granulometrică :

+0,16 mm	12 %
+0,10 mm	16,6%
+0,08 mm	10,6%
+0,06 mm	5,6%
+0,04 mm	8,4%
−0,04 mm	46,8%
Total	100,00%

Suspensia s-a preparat la diferite densităţi (2000÷2400g/l) a mediului de ferosiliciu, iar pentru asigurarea stabilităţii suspensiei s-a adăugat 2—3% bentonită faţă de greutatea ferosiliciului.

Viscozitatea relativă a suspensiei s-a calculat cu relaţia:

$$\eta_c = \eta_a \frac{T_s \cdot \gamma s}{T_a \cdot \gamma a}, \qquad (3)$$

unde: η_c este viscozitatea suspensiei faţă de apă (CP);

η_a — viscozitatea apei (0,01 Poisse la 20°C);

T_s, T_a — timpurile de scurgere a suspensiei, respectiv a apei (s).

În figura 5 se prezintă variaţia viscozităţii în funcţie de greutatea specifică a mediului, iar în figura 6 variaţia vitezei de sedimentare în funcţie de proporţia de bentonită în suspensia de ferosiliciu.

Viscozitatea la valoarea optimă de lucru (2,0—2,2 kg/dm³) este $\eta_c = 0{,}049$ Poise.

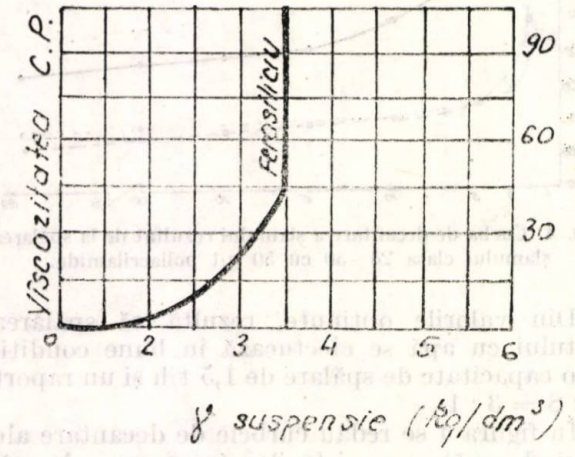


Fig. 5. Variaţia viscozităţii în funcţie de greutatea specifică a mediului.

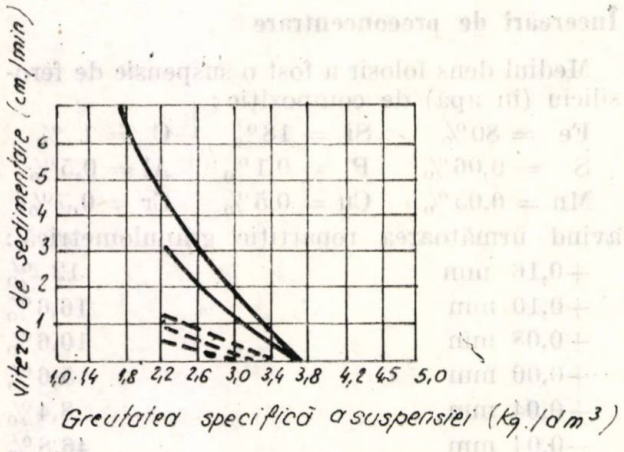


Fig. 6. Variaţia vitezei de sedimentare în funcţie de proporţia de bentonită într-o suspensie de ferosiliciu.

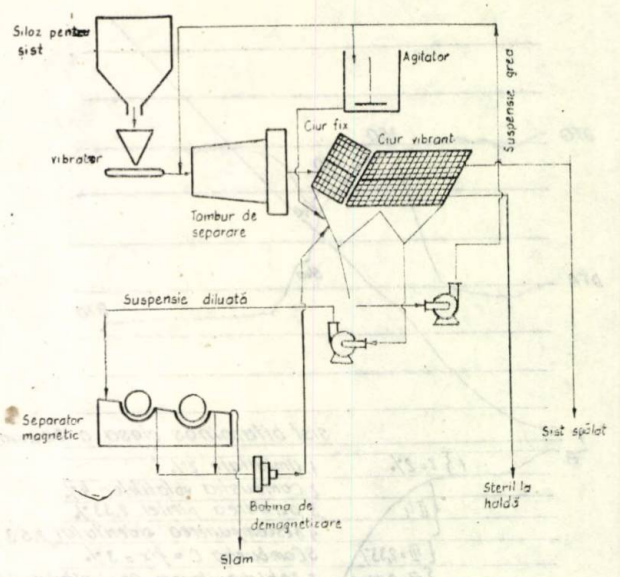


Fig. 7. Fluxul tehnologic în faza pilot, aplicat la preconcentrarea şistului bituminos din bazinul Anina.

Instalaţia de preconcentrare (fig. 7) este alcătuită din siloz, alimentator vibrant electromagnetic, tambur de separare. În interiorul tobei, se produce o separare a sterilului de partea organică a şistului, pe bază de diferenţă de greutate specifică.

Şistul uşor pluteşte şi este evacuat odată cu suspensia de ferosiliciu, care se revarsă, iar sterilul cade la fund şi avansează spre capătul de evacuare datorită conicităţii tamburului şi este ridicat de cupele unui sistem elevator montat la capătul tamburului. Ambele produse (şistul şi sterilul) cad pe cîte o sită fixă şi una vibrantă pentru drenarea mediului dens. Porţiunea inferioară a sitei este stropită puternic cu apă pentru spălarea ferosiliciului aderat la produse.

Suspensia drenată pe sita fixă (de la ambele produse) împreună cu cea drenată pe partea superioară a sitei vibrante este colectată într-un bazin de sub site de unde o pompă recircuitează o parte în tambur, iar partea cealaltă în agitator. Agitatorul serveşte şi ca vas tampon, comunicînd pe la partea inferioară printr-o conductă prevăzută cu ventil, cu bazinul pompei de suspensie grea.

Suspensia diluată cu apă şi impurificată cu şlam de şist, aderent pe bucăţile de material supus preconcentrării se colectează într-un al doilea bazin, de unde este ridicat de o pompă la separatorul magnetic pentru purificare. Ferosiliciul recuperat de la separatorul magnetic trece prin interiorul unei bobine de demagnetizare şi este apoi condus la bazinul pompei de suspensie grea.

Încercările s-au efectuat la diferite densităţi de mediu dens, iar alimentarea instalaţiei s-a menţinut la valoarea de 0,27—0,3 t/h.

S-au făcut încercări la densităţile de 2000, 2100, 2200, 2300, 2400 g/l, iar pentru stabilizarea mediului dens s-a adăugat 2—2,5% betonită.

Rezultatele obţinute la preconcentrare, la diferite greutăţi specifice ale mediului dens, sînt prezentate în tabelul 5.

Tabelul 5

Rezultatele experimentale privind preconcentrarea şistului în mediu de ferosiliciu

Denumirea produselor	Extracţia în greutate [%]	Conţinut de cenuşă A^{anh} [%]	Conţinut de fier [%]	Putere calorifică Q_i^i [kcal/kg]	Mediu dens [kg/dm³]
Şist	100,00	75,00	11,47	693	
Şist spălat	40,00	73,30	16,10	1241	2,000
Steril	60,00	89,80	8,30	350	
Şist	100,00	77,40	6,43	784	
Şist spălat	58,00	75,50	3,84	1018	2,100
Steril	42,00	92,90	10,00	212	
Şist	100,00	77,10	4,66	672	
Şist spălat	61,50	75,20	2,58	929	2,200
Steril	38,50	91,50	7,98	346	
Şist	100,00	76,80	6,97	746	
Şist spălat	60,00	74,00	4,55	1115	2,300
Steril	40,00	94,70	10,60	191	
Şist	100,00	78,60	6,86	711	
Şist spălat	62,50	76,60	3,67	1066	2,400
Steril	37,50	93,60	12,17	259	

Concluzii

1. În vederea îmbogăţirii şisturilor bituminoase româneşti din bazinul Anina, este necesară o spălare prealabilă cu apă, în vederea eliminării materialului argilos aderent pe bucăţile de şist, clasat la 20—50 mm. Separarea optimă se realizează la un raport lichid-solid L : S = 3 : 1.

2. În urma încercărilor de separare a sterilului şi preconcentrare a şistului la diferite valori ale mediului de separare se constată o eliminare a părţii sterile din şist între 40—60% şi o îmbogăţire a şistului cu circa 500 kcal/kg, la valori ale mediului dens de 2,0—2,1 kg/dm³.

3. Puterea calorifică inferioară (Q_i^i) a şistul lui îmbogăţit a crescut cu 38,49%, conţinutude oxizi de fier a scăzut în şist de 1/3 şi a crescut cu 50% în sterilul eliminat.

Pierderea calorică în steril este mică, 190—200 kcal/kg.

4. Masa combustibilă a şisturilor bituminoase din bazinul Anina este de circa 14—17%, cu o creştere pe măsura scăderii dimensiunii claselor.

5. Siderita (CO_3Fe) este principalul component mineralogic purtător de fier şi reprezintă circa 7—8% din masa şistului. Restul mineralelor purtătoare de fier, limonita ($Fe_2O_3 \cdot 4H_2O$), pirita (FeS_2) sînt în cantităţi de 0,5—1,0%, oxizii de titan (TiO_2), dolomita $CaMg(CO_3)_2$ aproximativ 1%.

6. Conţinutul de fier prins în sferosiderite din masa şistului, scade pe măsura micşorării dimensiunii claselor granulometrice. În clasele granulometrice mici se acumulează siderita fin diseminată.

7. Îmbunătăţirea şisturilor, prin eliminarea unor componenţi mineralogici din steril se poate realiza prin tehnologii diferenţiate (uscate şi umede) în funcţie de mărimea claselor granulometrice a şistului brut din carieră.

8. O problemă viitoare o constituie continuarea cercetărilor tehnologice pentru stabilirea unor tehnologii economice fezabile industrial pentru valorificarea complexă a şisturilor, în special cu privire la oportunitatea extragerii şi a altor minerale utile.

Bibliografie

[1] * * * *Cercetări privind îmbogăţirea şisturilor cărbunoase-bituminoase şi folosirea subproduselor rezultate pentru fabricarea aluminiului.* Tema 6408/1981 — ICEMENERG.

[2] Bălan, V. *Ameliorarea calităţii şistului bituminos brut prin spălare în medii dense.* În: Energetica, XXIX (1981), nr. 5, p. 218—225.

[3] * * * ASTM D2015. *Standard test method for Gross calorific value of solid fuel by the adiabatic bomb calorimeter.*

[4] * * * ASTM 197/80. *Sampling and fineness test of pulverized coal. STAS 3228/71 Cărbuni — determinarea granulaţiei.*

[5] Bălan, V. Picu, S. *Îmbogăţirea şisturilor bituminoase prin spălare în medii dense în fază pilot.* Conferinţa Naţională de Energetică. Bucureşti 23—25 nov. 1983.

(Primit la 21 august 1984, acceptat la 16 noiembrie 1984).

Experimentarea lignitilor cu umiditate ridicată, din bazinul Sf. Gheorghe

Ing. Liviu Costea, dr. ing. Teodor Popa, ing. Luminița Popescu, ing. Mircea Rădulescu, ing. Cristian Totolo*

Descriptori : centrală termoelectrică, cazan, ardere, arzător, lignit, umiditate, măcinare, schemă

Introducere

Necesitățile crescînde de energie cer lărgirea gamei de cărbuni care pot fi considerați, și din punct de vedere economic, în categoria combustibililor, respectiv introducerea în balanța de energie primară a cărbunilor cu putere calorifică redusă. Este cazul lignitului din bazinul Sf. Gheorghe, care are un conținut ridicat de cenușă și umiditate, respectiv o putere calorifică scăzută . Folosirea lui drept combustibil implică găsirea și utilizarea unei tehnologii de ardere adecvate proprietăților lui fizico-chimice.

1. Proprietăți fizico-chimice

Pentru stabilirea caracteristicilor lignitului din acest nou bazin carbonifer s-au făcut determinări și analize de laborator pe cîteva probe recoltate și puse la dispoziție de către Intreprinderea Minieră Căpeni.

Pentru a se putea analiza și aprecia caracteristicile lignitului din bazinul Sf. Gheorghe, s-a luat drept combustibil de comparație un sort de lignit din bazinul Rovinari.

2. Experimentarea lignitului de Sf. Gheorghe pe cazanul de 165 t/h de la CET Oradea — în schema semidirectă de ardere

Această tehnologie este recomandată în literatură pentru cărbune cu umiditate foarte ridicată. Ea este aplicată la instalațiile de ardere ale cazanelor din centrala electrică Megalopolis (Grecia) echipată cu două cazane de 420 t/h și un cazan de 1000 t/h și în centrala electrică Elbistan (Turcia) echipată cu patru cazane de 1000 t/h. Caracteristicile medii ale lignitilor utilizați în aceste centrale sînt prezentate în tabelul 2.

Cărbunii arși în cele două centrale electrice cu instalații de ardere cu insuflare semidirectă au un conținut de cenușă ridicat, dar sub valori care apar în exploatarea centralelor electrice din țara noastră. Astfel, minele din bazinele Rovinari și Motru livrează, în unele situații, cărbuni cu puteri calorifice de 5,65 MJ/kg și mai mici, caracterizate mai ales printr-un conținut ridicat de cenușă, care are valori de pînă la $A^{anh} = 60\%$.

Rezultă că experimentarea arderii în schema semidirectă a lignitilor din România cu conținut ridicat de cenușă prezintă interes, atît pentru a aprecia oportunitatea introducerii acestei scheme la cazanele de fabricație internă, cît și prin lărgirea volumului de cunoștințe experimentale existente în domeniul menționat.

Schema de ardere cu insuflare semidirectă a prafului de cărbune este prezentată în figura 1.

Amestecul de gaze de uscare, vapori de apă și praf de cărbune este divizat în două fluxuri. Unul din fluxuri, constituit din 50—60% din gazele de uscare și din vaporii de apă și din 55—65% din praful de cărbune, este insuflat direct în arzătorul principal. Al doilea flux, constituit din 40—50% din gazele de uscare și din vaporii de apă și din 35—45% din praful de cărbune, trece printr-un aparat de separare

Tabelul 1

Caracteristica	Simbol	U.M.	Bazinul carbonifer	
			Sf. Gheorghe	Rovinari (val. medii)
Umiditate totală	W_t	%	43—54,8	41,0
Cenușă la inițial	A^i	%	20,2—30,2	28,3
Cenușă la anhidru	A^{anh}	%	44,4—55,3	—
Carbon la inițial	C^i	%	14,5—18	19,3
Hidrogen la inițial	H^i	%	1,3—1,5	1,8
Sulf comb. la inițial	S_c^i	%	0,5—0,8	0,6
Materii volatile la inițial	V_t^i	%	16,0—17,3	—
Putere calorifică inferioară la inițial	Q_i^i	MJ/k	3,3—4,36	6,488
Temperatură de înmuiere cenușă	T^i	K	1383—1523	1373

Tabelul 2

Centrala electrică	Q_i [MJ/kg]	W_t^i [%]	A^i [%]	A^{anh} [%]	Obs.
Elbistan	4,607	52,2	20	42	
Megalopolis	4,03	60,0	18,0	45,0	
	3,18	62,0	18,5	48,5	limită inferioară

* Dr.ing. Teodor Popa, ing. Mircea Rădulescu, ing. Cristian Totolo — ICEMENERG; ing. Liviu Costea, ing. Luminița Popescu — ICSITEE.

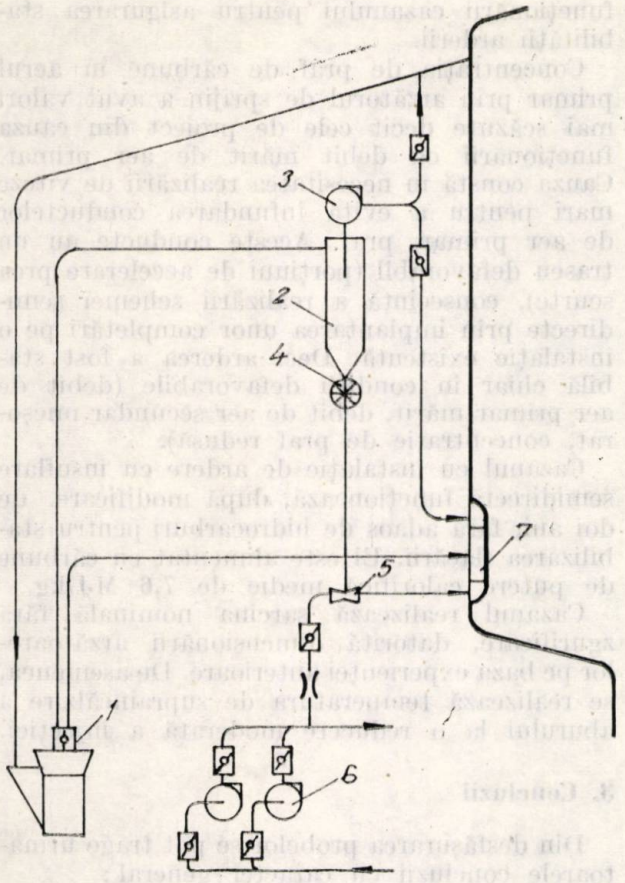


Fig. 1. Schema de insuflare semidirectă : 1 — moara ventilator ; 2 — ciclon separator ; 3 — ventilator de gaze recirculate ; 4 — alimentator celular ; 5 — ejector ; 6 — ventilator aer primar ; 7 — arzător.

(ciclon sau electro-filtru) a prafului de cărbune. Praful separat se insuflă cu aer într-un arzător de sprijin amplasat sub arzătorul direct. Gazele, împreună cu un rest de praf (cantitatea depinde de tipul şi calitatea aparatului de separare), pot fi evacuate în atmosferă (circuit deschis), sau pot fi introduse în focar într-un arzător de scăpări, situat deasupra arzătorului direct (circuit închis). Prin separarea de gazele de uscare şi de vaporii de apă se evită reducerea energiei disponibile pentru aprinderea prafului de cărbune, iar prin insuflarea cu aer se asigură o concentraţie ridicată de oxigen în amestec. Se obţine astfel o flacără stabilă a arzătorului de sprijin. Pentru experimentarea schemei de ardere cu insuflare semidirectă a fost adaptat, pe baza proiectelor elaborate de ICEMENERG, un cazan de 165 t/h, 140 bar, 450°C. Cazanul avea iniţial o instalaţie de ardere cu insuflare directă, proiectată pentru cărbune de 9,3 MJ/kg cu patru mori ventilator şi patru arzătoare de colţ.

Utilizînd cea mai mare parte a echipamentelor instalate în schema semi indirectă experimentată anterior, s-a realizat schema semidirectă în circuit închis (fig. 2). Arzătoarele şi conductele spre arzătoare au fost schimbate. Arzătorul nou se compune dintr-un arzător direct, un arzător indirect de sprijin — inferior şi un arzător de scăpări — superior. La dimensionarea acestui arzător s-a ţinut seama de experienţa cîştigată cu arzătorul din schema semiindirectă, cu privire la zgurificare.

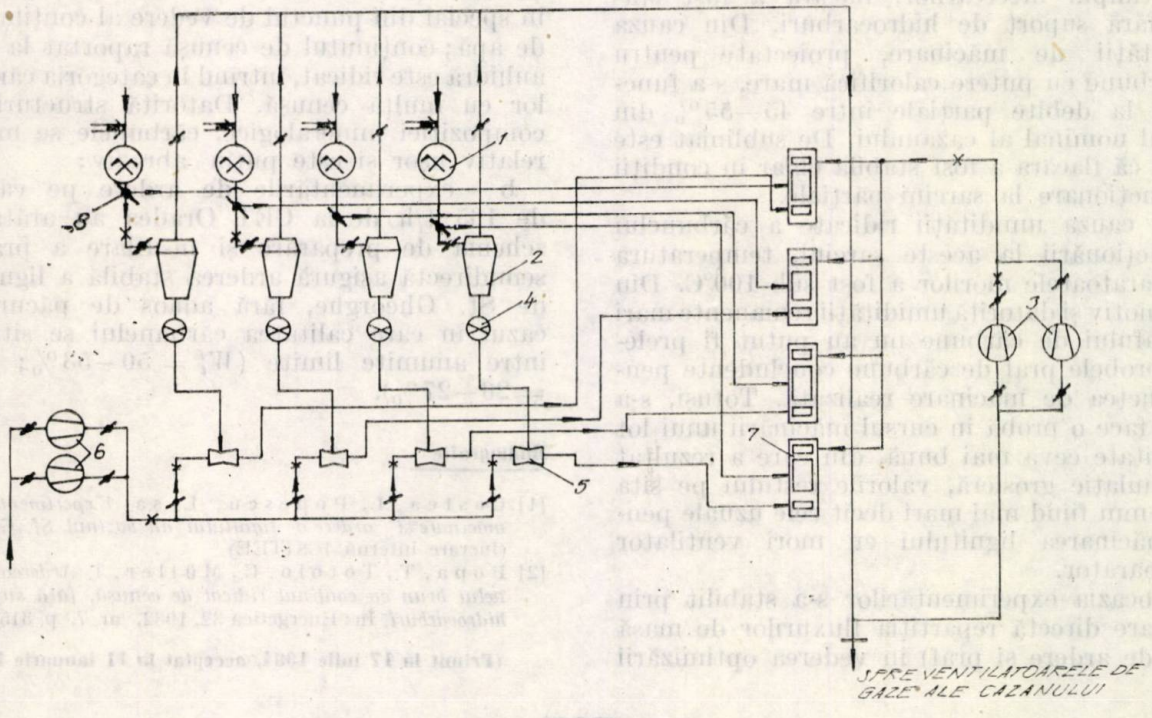


Fig. 2. Schema de insuflare semidirectă la cazanul de 165 t/h : 1 — moara ventilator ; 2 — ciclon separator ; 3 — ventilator de gaze recirculate ; 4 — alimentator celular ; 5 — ejector ; 6 — ventilator aer primar ; 7 — arzător ; 8 — clapetă pentru reglarea distribuţiei.

Au fost realizaţi următorii indici specifici de încărcare termică a focarului la sarcina nominală:

— încărcarea termică specifică volumetrică, $q_v = 0{,}153$ MW/m²;
— încărcare termică specifică a secţiunii transversale, $q_F = 2{,}2$ MW/m²;
— încărcare termică specifică a brîului de arzătoare (fără arzătorul de scăpări), $q_G = 1{,}16$ MW/m²;
— încărcare termică specifică a arzătorului de sprijin, $q_{GS} = 0{,}95$ MW/m².

Cu cazanul modificat, avînd schema de insuflare semidirectă, au fost efectuate două serii de încercări de ardere cu cărbune de Sf. Gheorghe. Valorile puterii calorifice determinate pe probe de cărbune prelevate de la alimentatoarele morilor sînt prezentate în tabelul 3.

Tabelul 3

Cărbune de Sf. Gheorghe	Q^i [MJ/kg]	W_t^i [%]	A^i [%]	A^{anh} [%]
Proba 1	3,35	47,2	32,55	60,5
2	4,17	47,0	29,0	55,0
3	4,36	48,2	26,8	51,8
4	4,12	46,3	29,7	55,5
5	4,9	43,0	30,2	53,2
6	4,27	46,5	29,3	54,8
7	4,72	45,5	28,5	52,2
8		43,9	28,8	51,4

În timpul încercărilor, flacăra a fost stabilă, fără suport de hidrocarburi. Din cauza capacităţii de măcinare, proiectate pentru un cărbune cu putere calorifică mare, s-a funcţionat la debite parţiale între 45—55% din debitul nominal al cazanului. De subliniat este faptul că flacăra a fost stabilă chiar în condiţii de funcţionare la sarcini parţiale.

Din cauza umidităţii ridicate a cărbunelui şi funcţionării la aceste sarcini, temperatura la separatoarele morilor a fost sub 100°C. Din acest motiv şi datorită umidităţii remanente mari a prafului de cărbune nu au putut fi prelevate probele praf de cărbune concludente pentru fineţea de măcinare realizată. Totuşi, s-a putut face o probă în cursul măcinării unui lot de calitate ceva mai bună, din care a rezultat o granulaţie grosieră, valorile restului pe sita de 90 mm fiind mai mari decît cele uzuale pentru măcinarea lignitului cu mori ventilator cu separator.

Cu ocazia experimentărilor s-a stabilit prin măsurare directă repartiţia fluxurilor de masă (gaze de ardere şi praf) în vederea optimizării funcţionării cazanului pentru asigurarea stabilităţii arderii.

Concentraţia de praf de cărbune în aerul primar prin arzătorul de sprijin a avut valori mai scăzute decît cele de proiect din cauza funcţionării cu debit mărit de aer primar. Cauza constă în necesitatea realizării de viteze mari pentru a evita înfundarea conductelor de aer primar, praf. Aceste conducte au un traseu defavorabil (porţiuni de accelerare prea scurte), consecinţă a realizării schemei semidirecte prin implantarea unor completări pe o instalaţie existentă. Deci arderea a fost stabilă chiar în condiţii defavorabile (debit de aer primar mărit, debit de aer secundar micşorat, concentraţie de praf redusă).

Cazanul cu instalaţie de ardere cu insuflare semidirectă funcţionează, după modificare, de doi ani, fără adaos de hidrocarburi pentru stabilizarea flăcării. El este alimentat cu cărbune de putere calorifică medie de 7,6 MJ/kg.

Cazanul realizează sarcina nominală fără zgurificare, datorită dimensionării arzătoarelor pe baza experienţei anterioare. De asemenea, se realizează temperatura de supraîncălzire a aburului la o reducere moderată a injecţiei.

3. Concluzii

Din desfăşurarea probelor se pot trage următoarele concluzii cu caracter general:

a — analizele de laborator au arătat că proprietăţile fizico-chimice ale lignitului din bazinul Sf. Gheorghe diferă de cele ale ligniţilor din alte bazine carbonifere din ţara noastră, în special din punctul de vedere al conţinutului de apă; conţinutul de cenuşă raportat la masa anhidră este ridicat, intrînd în categoria cărbunilor cu multă cenuşă. Datorită structurii şi compoziţiei mineralogice, cărbunele se macină relativ uşor şi este puţin abraziv;

b — experimentările de ardere pe cazanul de 165 t/h de la CET Oradea au arătat că schema de preparare şi insuflare a prafului semidirectă asigură arderea stabilă a lignitului de St. Gheorghe, fără adaos de păcură, în cazul în care calitatea cărbunelui se situează între anumite limite ($W_t^i = 50-53\%$; $A^i = 26-27\%$).

Bibliografie

[1] Costea, L, Popescu, L. ş.a. *Experimentări de măcinare şi ardere a lignitului dn bazinul Sf. Gheorghe* (lucrare internă ICSITEE).

[2] Popa, T., Totolo, C., Müller, I. *Arderea cărbunelui brun cu conţinut ridicat de cenuşă, fără suport de hidrocarburi.* În: Energetica 32, 1982, nr. 7, p. 315—322.

(Primit la 17 iulie 1984, acceptat la 11 ianuarie 1985)

Recuperarea căldurii reziduale a gazelor de ardere evacuate din cazanele de abur

(Sinteză documentară)

Ing. Anton Roşu*

Descriptori: centrală termoelectrică, cazan de abur, ardere, gaze de ardere, căldură reziduală, recuperare, coroziune, protecţie, preîncălzitor de ardere

În revistele Energetica nr. 10 din 1983, p. 461—468 şi nr. 6 din 1984, p. 274—279, s-a publicat o listă de 441 titluri bibliografice privind: „Recuperarea căldurii din gazele de ardere evacuate de cazanele de abur. Preîncălzitoare de aer. Coroziunea suprafeţelor finale de schimb de căldură". Aceste lucrări au fost analizate, practic, în totalitate, de către autor.

Pentru a veni în sprijinul cititorilor interesaţi de această tematică şi pentru a spori eficienţa acestei cercetări bibliografice, se consideră utilă publicarea unei sinteze a materialului documentar, care să evidenţieze soluţiile mai noi şi eficiente, în contextul condiţiilor de funcţionare a cazanelor de abur din ţara noastră.

Se precizează că referinţele bibliografice citate în această sinteză vor purta aceleaşi numere ca în cercetarea bibliografică din Energetica nr. 10, 1983 şi nr. 6, 1984.

Introducere

În condiţiile conjuncturii actuale se face un mare efort în scopul economisirii combustibilului care se arde în focarele cazanelor de abur din termocentrale. Randamentul cazanelor este limitat, printre altele, de valoarea ridicată a pierderilor de căldură cu gazele de ardere evacuate la coş ($q_2 = 8-12\%$). Recuperarea unei părţi cît mai mari din această căldură reziduală reprezintă, aşadar, o cale importantă de reducere a consumului de combustibil. De asemenea, reducerea temperaturii gazelor de ardere la evacuare poate avea un rol important în protecţia mediului ambiant contra emisiei de cenuşă zburătoare, deoarece electroconductivitatea cenuşii care provine de la cărbuni cu conţinut mic de sulf se măreşte odată cu scăderea temperaturii, ceea ce permite creşterea gradului de captare a cenuşii în electrofiltre. Coborîrea temperaturii gazelor de ardere la evacuarea din cazan este însă limitată din considerente de economicitate sau de pericolul de coroziune a suprafeţelor finale de schimb de căldură.

1. Generalităţi

Reducerea pierderilor de căldură ale cazanelor cu gazele de ardere evacuate la coş (q_2) se poate realiza atît prin micşorarea coeficientului de exces de aer, cît şi prin coborîrea nivelului temperaturii gazelor de ardere.

Valoarea coeficientului de exces de aer la evacuare poate fi micşorată prin reducerea pătrunderilor de aer fals în cazan şi a excesului de aer în focar, reduceri limitate de riscul apariţiei arderii mecanic şi chimic incomplete. Rezultă că pentru reducerea pierderilor q_2 este mai indicat să se acţioneze asupra valorii temperaturii gazelor de ardere la evacuare. Aceasta este o dată iniţială la proiectarea unui cazan energetic şi se limitează datorită:

— murdăririi, formării de cruste, înfundării şi coroziunii acide, care apar datorită prezenţei trioxidului de sulf şi vaporilor de apă în gazele de ardere produse la folosirea combustibililor solizi şi lichizi cu conţinut ridicat de sulf;

— economicităţii suprafeţelor schimbătoare de căldură, adică necesităţii respectării unor gabarite normale, astfel încît să nu se ajungă la suprafeţe exagerat de mari.

Considerentele menţionate impun ca temperatura minimă a gazelor de ardere la evacuarea din cazan să nu coboare sub 415—435 K, în cazul arderii combustibililor solizi sau lichizi, şi sub 400—405 K la arderea gazelor. Aceste valori nu sînt fixe, ci depind de conţinutul de sulf al combustibilului sau, mai precis, de punctul de rouă acidă. La combustibili cu un conţinut de sulf variind între 0,06—0,5 %/MJ, temperatura punctului de rouă acid se află între 395 K şi 425 K.

Pentru evitarea coroziunii acide trebuie ca temperatura peretelui schimbătoarelor finale de căldură să fie mai mare decît temperatura punctului de rouă acidă. Întrucît trebuie luată o rezervă pentru protecţia canalelor de gaze şi a coşului de fum se ajunge la limitarea temperaturii gazelor de ardere la evacuare la valorile menţionate mai sus.

Alegerea celei mai indicate valori pentru temperatura gazelor de ardere la evacuarea din cazan se face printr-un calcul de optimizare [207, 212, 220, 222—225, 235], care se confundă, de fapt, cu dimensionarea optimă a preîncălzitorului de aer. În exemplul de calcul prezentat în [220] se propune o metodă analitică prin care găsirea soluţiei optime se face printr-un proces de derivare a funcţiilor de preţ. Pentru rezolvarea sistemului de ecuaţii se poate folosi calculatorul. Cheltuielile luate în consideraţie sînt:

— preţul de cumpărare a preîncălzitorului de aer (P_1);

— preţul actualizat al energiei electrice auxiliare consumate pentru acoperirea pierderilor de presiune (P'_2);

— investiţia în ventilatoarele necesare acoperirii acestor pierderi de presiune (P''_2);

— preţul actualizat al combustibilului total consumat (P_3).

Se prezintă optimizarea „internă" (determinarea celei mai potrivite proporţii între diametrul şi înălţimea preîncălzitorului de aer pentru ca cheltuielile $P_1 + P_2$ să fie minime la $k \cdot S$ = constant, (k fiind coeficientul de schimb de căldură şi S — suprafaţa de schimb de căldură) şi optimizarea „externă" (determinarea proporţiilor celor mai potrivite pentru a se obţine cheltuielile totale minime $P_t = P_1 + P_2 + P_3$).

Exemplul de calcul din lucrarea menţionată a fost prezentat pentru un bloc de 250 MW, la care una din variante are o temperatură a gazelor de ardere la evacuare foarte redusă: 395 K.

Recuperarea unei părţi din căldura reziduală a gazelor de ardere presupune funcţionarea suprafeţelor de schimb de căldură la temperaturi cu valori sub punctul de rouă acidă. Pentru a rezista la coroziune schimbătoarele de căldură se pot fabrica din:

— materiale puternic aliate (cu dezavantajul preţului ridicat);

— materiale neferoase (sticlă, ceramică etc.);

* Ing. Anton Roşu este cercetător ştiinţific principal la ICEMENERG — Bucureşti.

— materiale obișnuite, dar în construcții speciale, care permit înlocuirea ușoară cînd se degradează (tuburi termice, module etc.).

S-a demonstrat experimental [8]că, pe măsură ce se coboară sub punctul de rouă acidă, viteza de coroziune are valori diferite pe anumite intervale de temperatură. Astfel, intervalul cel mai periculos al temperaturii peretelui schimbătorului de căldură este cel cuprins între punctul de rouă și 380—385 K, după care urmează un interval mai puțin periculos, pentru ca sub 345 K să apară un nou interval periculos.

În intervalul 345—385 K viteza de coroziune nu depășește 0,15—0,2 mm/an. În figura 1 se prezintă variația vitezei de

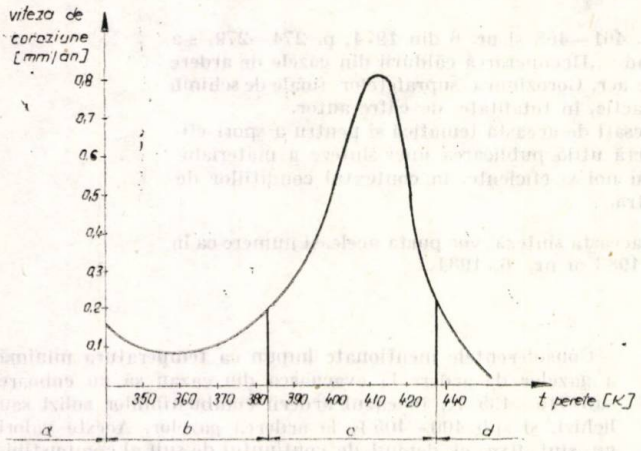


Fig. 1. Variația vitezei de coroziune a țevilor în funcție de temperatura peretelui acestora : a — interval periculos (zona punctului de rouă al vaporilor de apă) ; b — interval nepericulos ; c — interval periculos (zona punctului de rouă acid) ; d — interval nepericulos.

coroziune a pereților țevilor schimbătoare de căldură în funcție de temperatura acestora după Petrosian [8]. Se observă că, pe măsură ce temperatura pereților scade (intervalul „d"), coroziunea devine periculoasă (intervalul „c") cu un maxim situat în zona punctului de rouă acidă, după care ea se atenuează (intervalul „b") permițînd amplasarea suprafețelor de schimb de căldură în această zonă fără un pericol deosebit datorat coroziunii acide ; în intervalul „a" viteza de coroziune începe din nou să crească ,întrucît s-a pătruns în zona punctului de rouă al vaporilor de apă. Rezultă că o construcție modulară a schimbătorului de căldură [147] sau o construcție specială [55] (de exemplu tuburile termice cu diametre diferite pentru partea de gaze de ardere și partea de aer, care pot „muta" artificial temperatura peretelui tubului în afara zonei periculoase)pot micșora efectele coroziunii acide, permițînd o întreținere relativ ușoară, întrucît se pot schimba numai modulele sau tuburile termice scoase din funcțiune.

Conform [233] coroziunea țevilor suprafețelor schimbătoare de căldură depinde și de modul circulației gazelor de ardere (este mai mare în cazul curgerii transversale față de curgerea longitudinală) și de excesul de aer (la aceeași temperatură este de 6 ori mai mare la $\alpha = 1{,}15-1{,}25$ față de $= 1{,}02-1{,}03$).

În [13] se prezintă condițiile de care depinde apariția coroziunii :

— conținutul de sulf al combustibilului ;
— conținutul de cationi ai cenușii ;
— excesul de aer de combustie.

Potențialul de coroziune este influențat de :

— concentrația de SO_3 în gazele de ardere ;
— punctul de rouă acidă ;
— viteza de formare a acidului ;
— viteza de neutralizare a acidului de către cenușa zburătoare.

S-a stabilit că regimul de echilibru, implicînd numai concentrația acidului sulfuric și punctul de rouă acidă, teoretic nu poate fi aplicat asupra vitezei de coroziune în condițiile dinamice ale cazanului în care constituienții gazelor de ardere ca SO_3, H_2O și cenușa zburătoare sînt depuși continuu din curentul de gaze. Potențialul de coroziune este minim sau inexistent la mai puțin de 1% oxigen în gazele de ardere și este mare la peste 3% oxigen.

Temperatura de rouă acidă se măsoară cu ajutorul sondei de punct de rouă introdusă în curentul de gaze de ardere. Ea se poate determina și cu ajutorul unor relații de calcul în funcție de unele caracteristici ale gazelor de ardere.

Conform [91] punctul de rouă acidă se calculează pornind de la punctul de rouă al vaporilor de apă și adăugînd

$$\Delta t_{rouă} = \frac{125\sqrt[3]{S}}{1{,}05 \cdot 0{,}85 \cdot A},$$

unde :

S este conținutul de sulf al cărbunelui [%] ;
A — conținutul de cenușă din cărbune [%].

După Gumz [10] punctul de rouă acidă se poate calcula cu una din următoarele formule :

— formula lui Haase și Rehse : $t_{ra} = t_{rH_2O} + C(1{,}013p)^n$;

— formula lui G. Neubauert : $t_{ra} = t_{rH_2O} + (290{,}54 - 31{,}2P) \times (1{,}013p)^{0{,}0959 + 0{,}1449.P + 0{,}1714.P^2}$

unde :

t_{ra} este punctul de rouă acidă [K] ;
t_{rH_2O} — punctul de rouă al vaporilor de apă [K] ;
p — presiunea parțială a acidului sulfuric [bar] ;
P — presiunea totală a sistemului $H_2SO_4-H_2O$ (practic presiunea parțială a vaporilor de apă) [bar] ;

$n = f_1(P)$ și $C = f_2(P)$ — mărimi prezentate în [10], p. 350.

Aplicarea acestor formule pentru lignitul ars la CET Oradea ($S = 2{,}7\%$ și $A = 27{,}5\%$) a condus la valori apropiate pentru punctul de rouă acid (situate între 411 și 414 K), care au servit experimentărilor pe standul cu preîncălzitorul de aer cu tuburi termice.

Soluțiile tehnice pentru recuperarea avansată a căldurii din gazele de ardere evacuate din cazanele de abur (folosite în general pentru preîncălzirea prealabilă a aerului) se pot clasifica în schimbătoare de căldură recuperative (cu pereți despărțitori între agenții termici) și regenerative.

La schimbătoarele de căldură recuperative problema coroziunii este rezolvată prin alegerea adecvată a materialului din care se confecționează țevile ,care poate fi : sticlă, oțelul cu diverse acoperiri (sticlă, cupru, crom-nichel, titan, email) etc.

La schimbătoarele de căldură regenerative, umplutura metalică a stratului rece, care este cea mai intens corodată, poate fi executată din materiale mai rezistente la coroziune, precum : ceramica, plăcile de oțel emailate, aluminiul, bilele de sticlă, piatră etc.

Sinteza documentară prezintă soluțiile aplicate pentru reducerea temperaturii gazelor de ardere la evacuare și performanțele obținute ,punînd accent pe noutățile apărute în ultimii ani. Dintre acestea vor fi prezentate în detaliu cele care pot fi aplicate în condițiile arderii combustibililor din țara noastră : preîncălzitoare de aer regenerative cu umplutura stratului rece din materiale rezistente la coroziune (de exemplu ceramica), preîncălzitoare de aer tubulare (cu tuburi termice sau țevi de sticlă).

2. Soluții generale de coborîre a temperaturii gazelor de ardere evacuate

Limitarea reducerii temperaturii gazelor de ardere la evacuarea din cazanele de abur are loc în zona punctului de rouă acidă. Valoarea ridicată a acestuia în cazul arderii unor combustibili cu conținut mare de sulf conduce la apariția unor pierderi mari de căldură cu gazele de ardere evacuate. Pentru diminuarea acestora ca soluție generală, se poate aborda în primul rînd, reducerea valorii punctului de rouă acidă prin folosirea aditivilor.

Folosirea unor recuperatoare de căldură care să fie amplasate după preîncălzitorul de aer se poate evita prin utilizarea unor procedee speciale, cum ar fi, spre exemplu, admisia

în exces a aerului în preîncălzitorul de aer și extragerea separată a cantității excedentare de aer în vederea recuperării căldurii conținute.

2.1. *Folosirea aditivilor pentru reducerea pericolului de coroziune acidă la folosirea combustibililor cu conținut ridicat de sulf*

Combustibilul sulfuros produce prin combustie gaze de ardere cu un procent ridicat de anhidridă sulfurică cu o mare agresivitate, care ridică valoarea temperaturii de rouă acidă, ceea ce determină apariția unei puternice coroziuni. O acțiune pozitivă în sensul diminuării coroziunii acide o are folosirea unor aditivi. Aceștia au ca acțiune principală reducerea conținutului de SO_3 în gazele de ardere (prin inhibarea acestuia) și diminuarea efectelor lui prin transformarea în produși necorosivi.

În [55] se prezintă folosirea aditivilor pulverulenți, în special a magneziei caustice (cu MgO—87% și granulometria caracterizată de R_{90} = 10—15%). Magnezia caustică s-a injectat în traseul convectiv al cazanului înaintea treptei inferioare a economizorului (85—90% din cantitatea totală) și în focar, prin peretele posterior (10—15%). Magnezia se aduce dintr-un buncăr amplasat lîngă cazan, prin niște conducte de distribuție prevăzute cu un aerodozator (funcționînd cu aer prelevat după treapta I a preîncălzitorului). În focar, magnezia s-a introdus prin două orificii amplasate la 1,5 m deasupra arzătoarelor. În traseul convectiv s-au instalat patru țevi de diametru 50 mm (cu distanța între ele de 650 mm), avînd orificii de 8 mm practicate la 200 mm unul de altul.

Se prezintă, de asemenea, aditivul lichid VNIINP-102, care se folosește adăugîndu-se direct în rezervorul de păcură, în proporție de 2 kg la o tonă de păcură.

Referitor la prevenirea coroziunii de joasă temperatură s-a tras concluzia că temperatura peretelui poate cobori la 403 K, viteza de coroziune fiind sub 0,25—0,35 g/m²·h. Din punctul de vedere al pericolului de coroziune s-a dovedit favorabil intervalul de temperaturi 353—363 K, însă, datorită îngustimii lui, nu și-a dovedit valoarea practică.

În [68] se prezintă rezultatele experimentărilor efectuate pe un cazan de 420 t/h pe păcură cu un conținut de sulf de 2,3—2,4%, la care s-a folosit un aditiv propus de ICEMENERG pe bază de oxid de magneziu. S-a apreciat că utilizarea aditivului a permis reducerea conținutului de SO_3 în gazele de ardere cu circa 70%, ceea ce a permis reducerea coroziunii cu 50—80% pe baza coborîrii temperaturi de rouă acidă cu circa 26 K (de la 456 K la 430 K) [67]

Pentru diminuarea punctului de rouă acidă pînă la circa 373 K, se pot folosi aditivi (praf de zinc, dolomită, oxidul de magneziu, naftenat de zinc, săpunul de magneziu, naftenat de magneziu etc.) pentru care în [58] se prezintă concentrația minimă și costul relativ al tratării pe tona de combustibil.

Exerimentările efectuate la termocentrala Montereau [60] au dovedit că folosirea oxidului de magneziu nu elimină coroziunea, ci numai o limitează la valoarea de aproximativ 1 g/m² · h.

La cazanul de 600 MW din termocentrala Williams, experimentările efectuate de South Carolina Electric and Gas au demonstrat posibilitatea reducerii concentrației SO_3 în gazele de ardere cu 93% (de la 30,7 ppm la 2,2 ppm) [63], ceea ce a permis coborîrea punctului de rouă cu circa 15 K. S-a găsit că, la sarcina nominală, cenușa depusă în preîncălzitorul de aer avea numai 2,1 mg H_2SO_4 pe gram de cenușă față de cazul în care nu s-a folosit tratarea (7,8 mg H_2SO_4 pe gram de cenușă). Aditivul folosit a fost o pudră de Coaltrol M.

Conform [64] aditivii pot fi folosiți cu eficiență pentru reducerea coroziunii la joasă temperatură și în cazul arderii combustibililor solizi. De asemenea, aceștia pot modifica compoziția chimică a depunerilor în așa fel încît ele pot fi mai ușor îndepărtate. Aditivul folosit a fost denumit Firemate TM-4, cu dozaje între 0,5 și 1 kg/t combustibil.

2.2. Admisia aerului în exces în preîncălzitoarele de aer

Datorită condițiilor de funcționare (diferențe mici de temperatură, înfundare, coroziune etc.), instalarea unor recuperatoare după preîncălzitorul de aer (economizoare de joasă presiune, vaporizatoare cu gaze de ardere etc.) se face pe scară redusă.

O metodă mai potrivită pentru recuperarea unei părți din căldura gazelor de ardere evacuate din cazane este considerată de către autorii lucrării [202] creșterea cantității de aer care trece prin preîncălzitorul de aer peste necesarul pentru ardere și extragerea ulterioară a aerului excedentar pentru recuperarea căldurii pe care o conține. Soluția este prezentată numai în stadiul de proiect de execuție pentru reducerea temperaturii gazelor de ardere la evacuare la un bloc de 500 MW din GRES Troițkaia. De asemenea, s-a elaborat și schema, bazată pe același principiu, pentru blocurile de 500 MW din GRES Ekibastuzskaia.

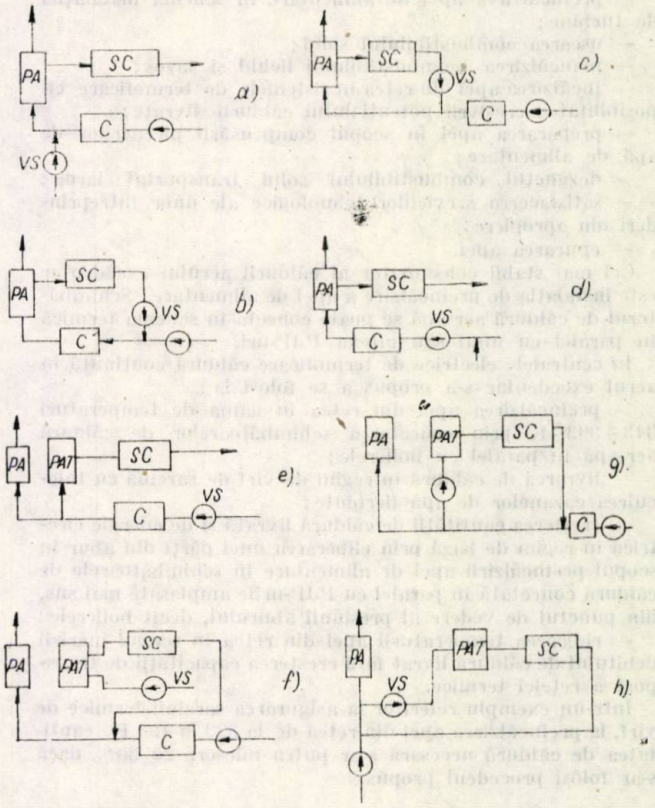


Fig. 2. Scheme de aplicare a procedeului aerului excedentar în preîncălzitorul de aer al cazanului: PA — preîncălzitor de aer; PAT — preîncălzitor de aer tubular; C — calorifer; SC — schimbător de căldură; VS — ventilator suplimentar.

În figura 2 se prezintă în schemele *a, b, c, d* modalitatea de preîncălzire a aerului excedentar în preîncălzitorul de aer principal, iar în schemele *e, f, g, h* într-un preîncălzitor de aer suplimentar. Acesta din urmă, de obicei tubular, este necesar pentru prevenirea îmbîcsirii cu cenușă a aerului excedentar. În instalațiile din schemele *a, d, c* aerul excedentar se elimină în atmosferă după ce s-a răcit, iar în celelalte scheme acesta revine în preîncălzitorul de aer înainte sau după calorifer. Aerul se poate introduce fie cu ventilatorul principal de aer al cazanului, fie cu un ventilator suplimentar de aer excedentar. Caloriferul poate lipsi, preîncălzirea aerului putîndu-se face prin amestec cu aerul excedentar (schema *h*).

Un avantaj principal al folosirii schemei cu aer excedentar este posibilitatea menținerii constante a temperaturii gazelor de ardere la evacuare la diferite sarcini ale cazanului. Cu ajutorul schemelor cu aer excedentar se poate reduce temperatura de preîncălzire a aerului datorită creșterii debitului de aer care circulă prin preîncălzitorul de aer de suprafață constantă sau se poate micșora suprafața de schimb de căldură a preîncălzitorului de aer, cu menținerea constantă a temperaturii gazelor de ardere la evacuare. De asemenea, se poate micșora suprafața de schimb de căldură a unor părți sub presiune ale cazanului (economizor, supraîncălzitor de abur intermediar etc.) pe baza creșterii cantității de căldură

cedate în preîncălzitorul de aer și a creșterii temperaturii gazelor de ardere înaintea lui. În plus, la sarcini parțiale se poate menține constantă temperatura aerului cald, datorită posibilității micșorării debitului de aer excedentar. Cantitatea de aer excedentar poate fi de 10—40% din cantitatea de aer necesară arderii, iar temperatura gazelor de ardere la evacuare poate ajunge la 383—393 K.

Schemele prezentate au eficiență în măsura în care se poate folosi căldura preluată de aerul excedentar. S-au propus următoarele posibilități de utilizare a ei pentru centralele termoelectrice de condensație:

— preîncălzirea apei de alimentare în schema instalației de turbine;
— uscarea combustibilului solid;
— peîncălzirea combustibilului lichid și gazos;
— încălzirea apei din rețea în sistemele de termoficare cu posibilitatea creșterii potențialului căldurii livrate;
— prepararea apei în scopul compensării pierderilor de apă de alimentare;
— dezghețul combustibilului solid transportat iarna;
— satisfacerea serviciilor tehnologice ale unor întreprinderi din apropiere;
— epurarea apei.

Cel mai stabil consumator al căldurii aerului excedentar este instalația de preîncălzire a apei de alimentare. Schimbătorul de căldură aer-apă se poate conecta în schema termică în paralel cu unul sau cîteva PJP-uri.

În centralele electrice de termoficare căldura conținută în aerul excedentar s-a propus a se folosi la:

— preîncălzirea apei din rețea în gama de temperaturi 343—393 K prin conectarea schimbătoarelor de căldură aer-apă în paralel cu boilerele;
— livrarea de căldură în regim de vîrf de sarcină cu înlocuirea cazanelor de apă fierbinte;
— creșterea cantității de căldură livrată și de energie electrică în regim de bază prin eliberarea unei părți din abur în scopul preîncălzirii apei de alimentare în schimbătoarele de căldură conectată în paralel cu PJP-urile amplasate mai sus, din punctul de vedere al presiunii aburului, decît boilerele;
— ridicarea temperaturii apei din rețea în scopul măririi debitului de căldură livrat fără creșterea capacității de transport a rețelei termice.

Într-un exemplu referitor la asigurarea sarcinii termice de vîrf, la preîncălzirea apei din rețea de la 393 la 423 K, cantitatea de căldură necesară s-ar putea micșora cu 30% dacă s-ar folosi procedeul propus.

3. Schimbătoare de căldură recuperative

3.1. Preîncălzitoarele de aer cu țevi de sticlă

Pentru ca partea principală a preîncălzitoarelor de aer să funcționeze într-o zonă de temperaturi lipsită de pericolul coroziunii este foarte indicată folosirea ca primă treaptă de preîncălzire a aerului a unui preîncălzitor cu țevi de sticlă. Materialul țevilor fiind mult mai rezistent la coroziune decît metalul, se pot atinge cu acest schimbător de căldură valori foarte scăzute ale tempereaturii gazelor de ardere la evacuare (de exemplu 385 K). Literatura de specialitate [1, 21, 77, 99 ÷ 108] prezintă numeroase realizări de astfel de preîncălzitoare de aer în funcțiune, cum ar fi, de exemplu, în Franța (materialul sticlei; pyrex), U.R.S.S. (sticlă marca 13V) și R.F.G. (Duran 50 sau sticlă borosilicat).

Preîncălzitorul de aer cu țevi de sticlă constă dintr-un fascicul de țevi amplasate orizontal sau vertical (cu gazele de ardere circulînd în exteriorul țevilor sau în interiorul lor), dispuse paralel sau în zig-zag și care se prind la capete de două plăci tubulare, fiind fixate de acestea prin garnituri din materiale rezistente la coroziune și la temperatură (azbest, cauciuc, teflon, fibre de sticlă etc.).

Datele constructive ale țevilor de sticlă folosite în diverse instalații sînt:

— diametru: 32—45 mm;
— grosime: 2—4 mm;
— lungime: 1700—3040 mm.

Pașii relativi ai țevilor la amplasarea în preîncălzitorul de aer sînt:

— pasul transversal (s_1/d): 1,25—1,7;
— pasul longitudinal (s_2/d): 1,25—1,55.

Valorile recomandate pentru viteza gazelor de ardere sînt: 9—10 m/s la dispunerea paralelă a țevilor și 6—8 m/s la dispunerea în zig-zag. Raportul vitezelor gazelor de ardere și aerului se recomandă să fie 0,4—0,45 la dispunerea paralelă a țevilor și 0,3—0,35 la dispunerea în zig-zag.

Coeficientul de schimb de căldură la punerea în funcțiune a preîncălzitorului de aer cu țevi de sticlă poate fi $k = 16—23$ W/m² · K (de exemplu $k = 23$ W/m² · K cînd α gaze $= 67{,}5$ W/m² · K și α aer $= 42$ W/m² · K) și se diminuează în timpul funcționării cu circa 30%, datorită depunerilor de cenușă: $k = 15—20$ W/m² · K [103].

Coeficientul de utilizare a suprafeței de schimb de căldură este de 0,63—0,79 [100].

Aerul se preîncălzește în aceste schimbătoare de căldură pînă la temperaturi de 350—400 K pe seama scăderii temperaturii gazelor de ardere la evacuare pînă la valori de 385—405 K. De exemplu, în lucrarea [100] se menționează că 85% din suprafața de schimb de căldură lucrează la o temparatură mai scăzută (376—385 K) decît temperatura de rouă acidă (418—423 K).

În lucrarea [77] se prezintă un preîncălzitor de aer combinat: un preîncălzitor regenerativ cu stratul rece din ceramică în care gazele de ardere cedează căldură de la temperatura de 661 K la 428 K și un preîncălzitor de aer cu țevi de sticlă în care temperatura gazelor de ardere scade în continuare pînă la 383 K. Aerul necesar arderii se preîncălzește de la 293 K la 343 K în preîncălzitorul din țevi de sticlă și apoi pînă la 610 K în preîncălzitorul regenerativ.

Se recomandă ca spălarea preîncălzitoarelor de aer cu țevi de sticlă să se facă cu apă.

3.2. Protecția contra coroziunii prin acoperirea țevilor preîncălzitorului de aer și a canalelor de gaze de ardere

3. 2. 1. Țevi de oțel cu acoperiri

Țevile de sticlă (în special așa-numita sticlă de cuarț) au dovedit o mare rezistență la coroziune, însă, din punct de vedere mecanic, folosirea lor este dezavantajoasă (au rezistență scăzută la îndoire și lovire). O soluție care elimină aceste dezavantaje, menținînd proprietățile anticorosive și economicitatea, este țeava din oțel acoperită cu sticlă [6]. Rămîne un dezavantaj față de sticla de cuarț și anume punctul de topire a acoperirii de sticlă coboară la 1275 K față de 1775 K, pentru sticla de cuarț. Peste această valoare țeava acoperită cu sticlă se deformează.

În lucrarea [111] se prezintă rezultatele experimentării pe stand a țevilor de oțel acoperite cu sticlă în vederea stabilirii mărimii suprafețelor de schimb de căldură, pierderilor de presiune și murdăririi, cînd aceste țevi se folosesc într-un preîncălzitor de aer. Experimentările au dovedit că folosirea țevilor cu aripioare are o influență slabă asupra mărimilor menționate mai sus. La folosirea țevilor netede diminuarea schimbului de căldură se face într-o mai mică măsură.

Se menționează și alte posibilități de acoperire a țevilor de oțel și anume:

— cu plumb (dezavantaje: din punctul de vedere al protecției muncii, afectează sănătatea personalului; din punctul de vedere al rezistenței la topire, cînd pe termen scurt suprafețele de schimb de căldură depășesc, accidental, punctul de topire al plumbului);
— cu cupru (arămire), folosită în special în S.U.A. datorită influenței pe care o are cuprul asupra mecanismului coroziunii (stratul de rugină rezultat încetinește mult procesul ulterior de oxidare;
— cu email (folosită rar, datorită suflurilor care apar la turnare, rezistența la coroziune depinzînd de grosimea pereților de separare dintre diferite bule de gaz);
— cu sticlă-metal (o sticlă care conține drept component de aliere aluminiul, nichelul sau cuprul), puțin folosită, deoarece amestecul metalului cristalin cu sticla amorfă duce la apariția porilor;
— cu aliaje austenitice, de exemplu materialul AISI 310, care se dovedesc calitativ mai bune, datorită conținutului de crom și nichel, în comparație cu alte materiale ca: AISI-304 316, 321; aceste materiale se folosesc rar pentru că sînt scumpe.

În lucrarea [105] se face o analiză detaliată a diferitelor posibilități de acoperire și a defectelor care pot apărea. Sînt menționate acoperirile cu emailnr. 18 sau nr. 13-III, cu cristale de sticlă tip UESK-300, nr. 122, Ț-4 și ST-14 și cu sticloemail : H-24, nr. 1513-Ț și nr. 261.

În lucrarea [106] se recomandă drept cea mai indicată folosirea acoperirii nr. 13-III la cazane care ard gaze și păcură. Se folosesc, de asemenea, și acoperiri cu lacuri și vopsele și acoperiri de torcret pe bază de ciment sau sticlă lichidă [240]. Lacurile de natură organică (FG-9 și VN-30) au dovedit o durabilitate scăzută ,în timp ce acoperirile de torcret au avut o foarte mare durabilitate.

De asemenea, rezultate foarte bune pentru protecția preîncălzitoarelor de aer și a canalelor de gaze de ardere au acoperirile de bachelită.

3. 2. 2. Acoperirea canalelor de gaze de ardere

Pentru ca temperatura gazelor de ardere să poată fi coborîtă, în cazul arderii păcurii sulfuroase, pînă la circa 405 K, este necesar ca și suprafețele metalice de după preîncălzitorul de aer să fie rezistente la coroziune. O mărire a rezistenței acestora la coroziune se poate obține prin acoperirea cu diverse lacuri, vopsele sau emailuri. Experimentările efectuate la cazanul PK-47-1 au dovedit posibilitatea funcționării cu o temperatură a gazelor de ardere la evacuare de 403 K [109].

Acoperirile aplicate trebuie să îndeplinească următoarele condiții :

— rezistență mare la concentrații ale H_2SO_4 de 50—80% la o temperatură cuprinsă între 335 și 425 K ;

— rezistență termică pînă la temperaturi de 425—455 K.

La cazanul PK-47-1 care arde păcură sulfuroasă s-au experimentat 19 lacuri și vopsele, aplicate într-un număr de straturi variind între 4 și 8 și avînd grosimea acoperirii cuprinsă între 70 și 220 μm.

Pe un stand amplasat pe un by-pass al canalului de gaze de ardere de la cazanul TGM-96 au fost experimentate următoarele acoperiri :

— peliculă de strat de flor-4 cu armare mecanică ;

— peliculă de strat de flor-4 cu armare după o tehnologie de prelucrare specială ;

— peliculă de strat de flor-4 M ;

— lacuri organice pe bază de siliciu KO-58, KO-08, compoziție epoxidică 10 M, 18 M, strat de flor 40 DP ;

— torcret pe bază de beton (după tehnologia VNIIG) ;

— ceară rezistentă la acizi (după tehnologia ORGRES).

Excesul de aer în gazele de ardere a fost în timpul experimentărilor de 8—12%.

Temperatura peretelui canalului de gaze de ardere, pentru diverse acoperiri a fost de :

— 320 la 365 K în cazul lacurilor aplicate sub formă de strat de flor ;

— 392 — 400 K pentru lacurile organice pe bază de siliciu ;

— 386—393 K pentru ceară.

A fost, de asemenea, experimentat un clei cu fenol—cauciuc tip VK-3.

Cele mai bune rezultate la funcționarea de durată au fost obținute la aplicarea a două straturi de flor-4 cu o grosime de 0,4—0,5 mm.

3.3. Preîncălzitoare de aer cu tuburi termice

În zona temperaturilor periculoase din punctul de vedere al coroziunii (sub punctul de rouă acid al gazelor de ardere) un preîncălzitor de aer tubular de construcție obișnuită (de exemplu în contracurent) este afectat la toate tuburile care, odată străpunse, permit aerului să treacă în partea de gaze de ardere, ceea ce determină funcționarea în mod neeconomic a instalației. Construcția din tuburi termice a unui preîncălzitor de aer (care să permită coborîrea temperaturii gazelor de ardere la evacuare sub punctul de rouă) elimină acest neajuns prin faptul că izotermele se distribuie, practic, în lungul tuburilor termice, ceea ce face să se deterioreze numai unele tuburi și chiar prin acestea nu se creează comunicație între partea de aer și cea de gaze de ardere. Din punctul de vedere al schimbului de căldură, în acest caz ies din funcțiune numai tuburile afectate, restul rămînînd în stare corespunzătoare încă o perioadă suficient de lungă.

În anii 1964, 1965 literatura de specialitate sovietică a publicat performanțele unor preîncălzitoare de aer cu tuburi termice și optimizarea parametrilor de funcționare [118, 119, 120, 121], pentru ca, după o perioadă de timp mai mare de 10 ani, să prezinte comportarea acestora la funcționarea de durată [123, 125].

De asemenea, ICEMENERG București a efectuat experimentări pe un stand de preîncălzitor de aer cu tuburi termice [2], dovedind performanțele corespunzătoare și comportarea bună în exploatare ale acestuia.

Tubul termic este o țeavă cu capace la ambele capete, din care s-a extras aerul și în care s-a introdus un lichid (de exemplu apa sau un amestec de apă și alcool pentru evitarea înghețului), ce ocupă o anumită parte din volumul interior al tubului (de exemplu o treime). Tuburile termice se pot amplasa la preîncălzitorul de aer cu o înclinație mai mică (4° adică aproape orizontale) sau mai mare (pînă la 90°, adică verticale). Montarea preîncălzitoarelor de aer cu tuburi termice se poate face atît pe porțiunile orizontale ale canalelor de gaze de ardere, cît și pe cele verticale. Partea inferioară a tuburilor se introduce în gazele de ardere, iar cea superioară în aer, între gaze și aer fiind prevăzută o placă tubulară.

Gazele cedează căldura tuburilor termice și prin aceasta lichidul din interiorul lor se vaporizează. Vaporii se ridică spre partea de aer unde cedează căldura aerului mai rece, apoi se condensează, iar lichidul se prelinge pe pereții tuburilor pînă revine în partea de gaze a tubului și reîncepe ciclul.

O anumită construcție a preîncălzitoarelor de aer de acest tip (cu diametru mai mare, la unele tuburi, pe partea de gaze și la altele, pe partea de aer) permite realizarea unor temperaturi ale pereților tuburilor termice mai mari sau mai mici, care să se situeze în afara zonei periculoase din punctul de vedere al coroziunii acide (în zonele „b" și „d" din fig. 1).

În perioada punerilor în funcțiune, cînd se realizează temperaturi mai scăzute ale gazelor de ardere, pentru evitarea coroziunii se pot încălzi capetele inferioare ale tuburilor termice prin montarea acestora într-o carcasă specială, prin care circulă abur sau apă caldă. Acesta este cunoscut drept preîncălzitor de aer combinat [126].

Sînt puse la punct procedee eficiente de „umplere" a tuburilor termice, adică de realizare a unui nivel corespunzător al vidului și de introducere a unei anumite cantități de lichid în interiorul lor.

Pentru realizarea tuburilor termice se utilizează țevi sudate electric, cu diametrul de 25—32 mm și grosimea peretelui de 2—2,5 mm.

Realizările practice [123] au demonstrat posibilitatea reducerii temperaturii gazelor de ardere la evacuare cu circa 30 grade, ceea ce reprezintă o diminuare a pierderilor de căldură cu gazele de ardere q_2 cu circa 1,6 procente absolute. Căldura recuperată se folosește pentru preîncălzirea preliminară a aerului (în exemplul amintit aceasta se face de circa 300 la 375 K). Coeficienții de transmisie a căldurii, realizați în diversele exemple, sînt cuprinși între 12 și 13 W/m². grd. Rezistențele aerodinamice suplimentar introduse sînt de circa 300—500 Pa.

În lucrarea [125] se prezintă realizarea unui astfel de preîncălzitor de aer în care temperatura gazelor de ardere la evacuare scade de la 475 K la 413 K pe seama încălzirii aerului de la 303 K la 393 K (se arde cărbune). Deteriorarea unor tuburi, care are loc după aproximativ 5 ani, conduce la creșterea temperaturii gazelor de ardere la evacuare cu circa 15 K.

La arderea păcurii cu conținut ridicat de sulf preîncălzitorul de aer cu tuburi termice în echicurent poate avea o funcționare îndelungată dacă aerul intră cu 333—343 K, iar temperatura gazelor de ardere la evacuare este de 421—423 K.

Pentru prelungirea duratei de viață a acestor schimbătoare de căldură, țevile amplasate în zona de temperaturi cea mai periclitată din punct de vedere corosiv (zona „c", fig.1) se pot construi cu pereți cu grosimea mărită pînă la 3—5 mm.

Experimentările efectuate de către ICEMENERG pe standul montat în paralel cu un cazan de 165 t/h din CET Oradea (prin stand circulă circa 5% din debitele de aer și de gaze de ardere ale cazanului) au demonstrat posibilitatea reducerii temperaturii gazelor de ardere la evacuare cu circa 25 K, cînd $t_g = 463$ K, și cu 12—15 K, cînd $t_g = 413$ K.

3.4. Economizoare de joasă presiune

Pentru recuperarea unei cantități de căldură suplimentare din gazele de ardere peste cea realizată în preîncălzitoarele de aer, se pot amplasa, după acestea, economizoare de joasă presiune (e.j.p.). Aceste schimbătoare de căldură se pot realiza din serpentine din țeavă netedă (în acest caz instalația se poate amortiza în mai puțin de un an) sau din țevi cu nervuri din fontă (amortizarea se face în aproximativ 4 ani) [411]. În S.U.A. și Canada se folosesc mult e.j.p. cu țevi cu nervuri din fontă.

Pentru evitarea coroziunii interne, e.j.p. și sistemul din care face parte se umplu cu apă degazată.

Cînd sistemul închis are capacitate mare și temperatura agentului intermediar variabilă (caracteristică condițiilor de exploatare ale sistemului e.j.p.-calorifer), se pune problema compensării modificării de volum specific al agentului intermediar (dilatarea volumetrică a apei). Aceasta se poate realiza folosindu-se un bazin de compensație deschis. Pentru evitarea oxigenării apei, pe suprafața bazinului se așează un flotor neted. Prevenirea înghețării agentului intermediar în anumite condiții de funcționare se realizează prin folosirea apei cu etilenglicol.

Cu ajutorul economizoarelor de joasă presiune temperatura gazelor de ardere la evacuare se poate reduce la 360—370 K la arderea combustibilului cu conținut redus de sulf, așa cum se prezintă, de exemplu, în lucrarea [1]: 371 K la cazanul TP-170, 369 K la cazanul PK 10n și 360 K la cazanul TP-230. În S.U.A., la blocul de 600 M— din termocentrala Tanners Creek s-a reușit coborîrea temperaturii gazelor de ardere la evacuare pînă la 377 K.

Coeficientul de schimb de căldură la nivelul primei trepte a e.j.p. este, conform [138], de 60 W/m² · K, iar la treapta a doua de 53,5 W/m² · K. Economizorul de joasă presiune, conform [145], se poate realiza din țevi de Ø 32 × 5 mm dispuse în zig-zag, cu pașii: $s_1 = 110$ mm și $s_2 = 50$ mm. Viteza gazelor de ardere se recomandă să fie de 6 m/s.

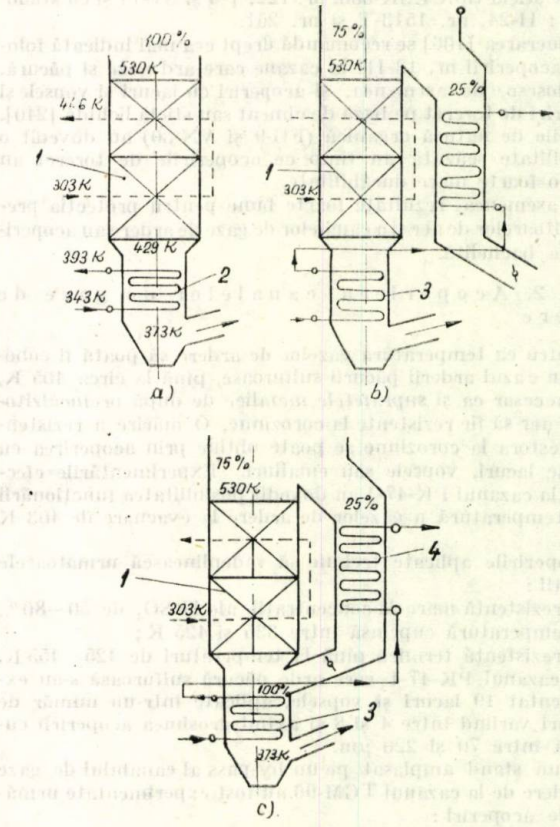
Schemele de amplasare a economizoarelor de joasă presiune (fig. 3) au dovedit avantajul celor în paralel (b și c) față de cele în serie [1]. Prin dispunerea e.j.p. pe un by-pass al preîncălzitoarelor de aer se poate micșora suprafața de schimb de căldură cu 25% (schema b) sau chiar cu 30% (schema c) față de dispunerea în serie (schema a), cînd se păstrează aceeași temperatură a gazelor de ardere la evacuare (373 K), sau se poate micșora această temperatură, cînd se menține aceeași suprafață de schimb de căldură.

În schema a, temperatura apei din e.j.p. nu depășește 393 K, în timp ce schemele b și c oferă posibilitatea măririi temperaturii apei în e.j.p. pînă la 463 K, ceea ce permite folosirea ei în termoficare.

În lucrarea [145] se prezintă exemple de folosire a e.j.p. pentru preîncălzirea apei din sistemul regenerativ, eliminîndu-se în acest fel treptele 3 și 4 ale preîncălzitoarelor de joasă presiune. În paralel cu preîncălzitorul de aer circulă 10, 15 și 20% din debitul gazelor de ardere, reușindu-se diminuarea temperaturii gazelor de ardere la evacuare pînă la 438, 432 și 423 K. Cu toate că a existat o pierdere datorită eliminării unor trepte de preîncălzire regenerativă, cîștigul datorită micșorării pierderilor de căldură cu gazele de ardere la coș a fost de 1,7 ori mai mare decît această pierdere și în acest fel economia totală de căldură a fost de 0,3; 0,7 și 0,9%.

Schemele de folosire a e.j.p. sînt interesante cînd căldura recuperată se folosește nu pentru preîncălzirea preliminară a aerului, ci în afara limitelor cazanului (pentru încălzirea apei de alimentare, uscarea combustibilului sau unele servicii interne).

O posibilitate de folosire eficientă a căldurii recuperate de către e.j.p. este schema propusă de ȚKTI pentru cazanul TP-108, în care e.j.p. încălzește apa de alimentare, fiind montat în paralel cu unul sau mai multe preîncălzitoare de joasă presiune din circuitul regenerativ, iar preîncălzirea preliminară a aerului se face cu ajutorul condensatului prelevat din circuitul de apă de presiune mai scăzută [144].



Fii 3. Schema de amplasare a economizoarelor de joasă presiune (e.j.p.): a — în serie; b — e.j.p. treapta a II-a în paralel cu traseul gazelor de ardere; (tr.I e.j.p. avînd 75% gaze); c — e.j.p. treapta a II-a în paralel cu traseul gazelor de ardere (tr.I e.j.p. avînd 1 100% gaze); 1 — preîncălzitor de aer; 2 — e.j.p.; 3 — e.j.p. tr. I; 4 — e.j.p. tr. II.

Căldura recuperată în e.j.p. poate fi folosită în același timp în mai multe scopuri, datorită faptului că e.j.p. folosește un agent termic intermediar (apa sau alt lichid) care se pretează la bifurcarea schemei (fig. 4), în care o parte din căldură se cedează caloriferului 2 pentru încălzirea aerului, iar altă parte se folosește în schimbătorul de căldură 3 pentru uscarea combustibilului sau în termoficare.

În funcție de nivelul la care se dispun schimbătoarele de căldură 2 și 3 față de e.j.p.-1 se poate realiza circulația naturală a agentului termic intermediar sau este necesară instalarea unei pompe.

3.5. Vaporizatoare cu gaze de ardere

Pentru recuperarea căldurii din gazele de ardere pînă la un nivel al temperaturii foarte scăzut se pot folosi vaporizatoare cu gaze de ardere cuplate cu calorifere. Pentru evitarea coroziunii se alege presiunea în vaporizator la o astfel de valoare încît temperatura peretelui să se găsească în afara intervalului periculos din punctul de vedere al coroziunii (în afara zonei „c" din fig. 1).

În realitate, dacă se funcționează la sarcini parțiale, temperatura de canalul de gaze de ardere este mult mai scăzută și vaporizatoarele cu gaze vor funcționa la presiuni scăzute. Temperaturile pereților vor fi în acest fel mai reduse și se intră în domeniul periculos „c".

Vaporizatoarele cu gaze de ardere se pot combina, pentru un mai mare grad de recuperare a căldurii, cu economizoare de joasă presiune sau cu preîncălzitoare de aer cu tuburi termice.

La cazanul ŢKTI-BKZ-75-39 din termocentrala Kizelovsk a fost instalat un vaporizator în două trepte, una lucrînd la 1,37 MPa şi alta la 0,68 MPa. El a fost realizat în serpentină din ţeavă de Ø25 × 2,5 mm, iar caloriferul din ţevi cu Ø 15 × 1,75 mm cu nervuri din sîrmă [1].

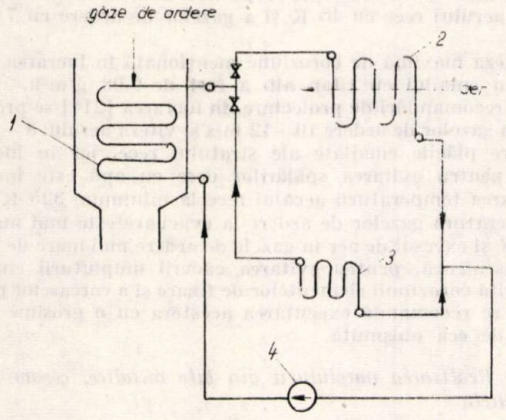


Fig. 4. — Schema de folosire a căldurii recuperate de e.j.p. : 1 — e.j.p. ; 2 — calorifer ; 3 — schimbător de căldură suplimentar ; 4 — pompă de recirculaţie a agentului termic intermediar.

S-a acordat, în continuare, prioritate numai vaporizatoarelor cu o singură treaptă care funcţionează la presiunea atmosferică.

Succesul acţiunii de evitare a coroziunii este asigurat, aşa cum s-a mai spus, de posibilitatea menţinerii cît mai constante a presiunii şi deci a temperaturii pereţilor ţevilor. Cum aceasta este greu de realizat la valorile stabilite, s-a pus problema menţinerii ei forţate cu ajutorul unui regulator de presiune, deşi acesta este dificil de executat.

Faţă de economizoarele de joasă presiune, vaporizatoarele cu gaze de ardere sînt răspîndite într-o măsură mult mai redusă.

3.6. *Recuperator de căldură cu plăci*

La centrala termică din oraşul Odense, o firmă daneză a propus recuperarea căldurii din gazele de ardere evacuate cu aproximaţie 475 K cu ajutorul unui schimbător de căldură ieftin din oţel normal H.II la care coroziunea are loc la suprafaţă (spre deosebire de materialele puternic aliate la care coroziunea are loc în puncte). În lucrarea [147] se prezintă acest schimbător de căldură de tip special, cu plăci, construit din două sau trei plăci unite prin sudură realizată în rînduri de puncte. Plăcile creează o cameră intermediară în care pot curge medii lichide sau gazoase pentru preluarea căldurii. Schimbătorul de căldură se construieşte din 3 module cu avantajul că se poate înlocui numai modulul cel mai puternic corodat (montarea modulului pe role uşurează mult înlocuirea lui). Dimensiunile unui modul sînt : înălţime 2500 mm, lăţime 950 mm şi grosime 1250 mm. Numărul de registre este de 3, iar pe fiecare sînt montate 25 plăci. Grosimea unei plăci este de 4 mm, iar distanţa dintre plăci de 22 mm.

Temperatura gazelor de ardere se reduce de la 473 K la 363 K la ieşirea din schimbătorul de căldură, modulele amplasate unul după altul fiind corodate cu o intensitate diferită. Cercetările preliminare au evidenţiat o viteză maximă de coroziune de 0,5 mm/an (la o durată de funcţionare a cazanului de 8000 ore).

Suprafeţele de schimb de căldură cu un adaos de material de 3 mm au o durată de viaţă a primei treimi a schimbătorului de 10—12 ani dacă acesta funcţionează 4000 ore/an.

Investiţia în acest schimbător de căldură se amortizează în 1,5 ani.

4. Schimbătoare de căldură regenerative

4.1. Tipuri noi de umplutură pentru partea rece a preîncălzitoarelor de aer regerative

Cazanele de abur alimentate cu păcură sulfuroasă au nevoie de măsuri speciale datorită coroziunii suprafeţelor metalice finale de schimb de căldură (încălzirea preliminară a aerului, realizarea unor excese de aer mici etc.). Aceste măsuri contribuie la micşorarea intensităţii coroziunii, dar nu o pot înlătura complet. Astfel, datorită deteriorării, pachetele preîncălzitoarelor de aer regenerative se înlocuiesc la 1,5—2 ani.

Combustibilul solid cu conţinut ridicat de sulf ridică, de asemenea probleme serioase din punctul de vedere al coroziunii acide a părţii finale a schimbătoarelor de căldură ale cazanului. Zona supusă cel mai mult coroziunii este stratul aşa-numit „rece", care este amplasat spre evacuarea gazelor de ardere şi intrarea aerului. Acest strat rece se poate executa din alte umpluturi mai rezistente la coroziune, precum : ceramica, porţelanul tare acoperit cu smalţ ; aluminiul ; piatra ; casete cu bile din sticlă, metal sau ceramică ; plăci *metalice emailate* ; grile de noduri de sticlă etc.

Literatura de specialitate, în special cea sovietică, prezintă, în detaliu, experimentările efectuate cu diverse umpluturi ale stratului rece. Opiniile în legătură cu materialul mai indicat sînt controversate. De exemplu, în lucrarea [85] se consideră mai indicată folosirea umpluturii de aluminiu, considerîndu-se că emailarea treptei reci este un procedeu costisitor şi insuficient de eficient, iar utilizarea ceramicii ar intensifica coroziunea pieselor de oţel ale PAR şi ale canalelor de gaze de ardere. În schimb, în lucrările [79, 86, 214, 247] se prezintă rezultatele bune obţinute prin emailarea suprafeţelor de schimb de căldură, iar în lucrările [78, 79 ; 80, 82, 197, 413—416] folosirea cu succes a umpluturii din ceramică pentru stratul rece al preîncălzitoarelor de aer regenerative.

4.1.1. Executarea din ceramică a stratului rece al PAR

În U.R.S.S. s-a dezvoltat într-o măsură destul de mare, utilizarea umpluturii ceramice pentru echiparea stratului rece al preîncălzitoarelor de aer regenerative. În lucrările [78, 79, 80, 82, 197, 413—416] se prezintă performanţele acestor preîncălzitoare de aer şi comportarea lor în exploatare.

Conform [415] ceramica folosită a avut următoarea compoziţie : 25% caolin, 23% argilă, 41% pegmatit, 5% nisip şi 6% deşeuri din produse de ardere, iar lucrarea [416] indică folosirea porţelanului electrotehnic tip GOST 20419—75. Stratul rece din ceramică se poate realiza din blocuri, din plăci sau din tuburi. Tuburile din ceramică [78, 80, 82, 197] sînt grupate în casete metalice şi pot fi fabricate, de exemplu, dintr-un tub exterior cu diametrul de 28 mm, un tub interior cu diametrul de 12 mm şi 4 nervuri radiale între tuburi. Grosimea pereţilor este de 2 mm. Lungimea tuburilor este de 500—600 mm.

Tuburile din ceramică prezintă rezistenţă din punct de vedere mecanic şi al coroziunii, aşa cum a rezultat după 5 ani de funcţionare [82]. Eficienţa termică a tuburilor din ceramică este la fel de bună ca a celor metalice.

Rezistenţa aerodinamică este mai ridicată în cazul folosirii ceramicii cu 150—200 Pa din cauza pereţilor mai groşi ai tuburilor.

Suprafeţele de schimb de căldură se murdăresc mai intens în cazul folosirii ceramicii, ceea ce conduce la necesitatea unor măsuri suplimentare de curăţire (prin spălare cu apă la 345 K sau prin suflare cu abur de 1,2—1,5 MPa şi 613—633 K).

Preîncălzitoarele de aer cu stratul rece de minimum 0,6—0,7 m din ceramică [79, 413—415] dispun de blocuri cu înălţimea de 250 mm alcătuite din plăci cu grosimea de 3 mm. Materialul se comportă mai mult sau mai puţin satisfăcător din punctul de vedere al rezistenţei mecanice [414]. De exemplu, se menţionează că ceramica de Başkir are o rezistenţă mai bună decît cea de Kudinovsk, iar lucrarea [416] arată că spargerile repetate ale plăcilor cu extremităţi

sferice au determinat mărirea grosimii plăcilor de la 2,5—3 mm la 4—5 mm, acestea din urmă rezistînd circa 2 ani. Blocurile din ceramică au compactitatea de peste 200 m^2/m^3, cele cu orificii pătrate (280 m^2/m^3) fiind, de exemplu, mai compacte decît cele cu orificii rotunde (210 m^2/m^3), aşa cum rezultă din lucrarea [414].

Coeficientul de schimb de căldură este mai mare la blocurile ceramice decît la cele metalice, în lucrarea [416] evidenţiindu-se coeficientul de schimb de căldură cu valori de 33,7—36 $W/m^2 \cdot K$, adică de două ori mai mare decît la plăcile din metal şi de 2,2 ori mai mare decît la porţelan.

Rezistenţa aerodinamică a blocurilor din plăci de ceramică este conform [79] cu 150 Pa mai ridicată decît în cazul plăcilor metalice, sau conform [414] cu 15—20% mai mare decît la acestea.

Intensitatea murdăririi este mai mare la blocurile cu plăci din ceramică, ceea ce impune spălarea la intervale mai scurte cu apă sau cu abur a depunerilor care sînt destul de friabile.

4.1.2. Executarea din aluminiu a umpluturii stratului rece al PAR

Institutul Politehnic din Leningrad a experimentat umplutura din aluminiu pentru stratul rece al preîncălzitoarelor de aer regenerative [85].

La cazanele tip TGM-84 A BZK-160-100 GM, în casetele treptei reci a preîncălzitorului de aer au fost instalate plăci din aluminiu. La primul cazan, pe înălţimea de 600 mm a treptei reci, s-au montat plăci de aluminiu cu grosimea de 1,1 mm (aluminiu pur din punct de vedere tehnic cu un conţinut de 0,4% impurităţi), iar la al doilea cazan, pe înălţimea de 680 mm a treptei reci, s-au montat plăci din aluminiu cu grosimea de 2 mm (aluminiu marca A5M).

Rezistenţa aerodinamică a PAR al cazanului BKZ-160-100 GM a crescut în medie cu 100—200 Pa (20—35% din rezistenţa preîncălzitorului curat) după circa 4000 ore de funcţionare. Murdărirea umpluturii este mai puţin intensă decît la oţel. Depunerile de pe umplutura de aluminiu nu conţin acid sulfuric liber. Ele sînt uscate, friabile şi se îndepărtează uşor. Curăţirea se face prin uscare termică cu gazele de ardere de 533—553 K şi prin suflare cu abur la primul cazan (abur de parametrii : 1,6—1,8 MPa şi 633 K) şi cu apă la al doilea cazan.

Intensitatea coroziunii umpluturii de aluminiu a fost scăzută şi anume comparabilă cu cea care apare la cazanele la care coeficientul de exces de aer are valori foarte scăzute (1—1,02). De asemenea şi elementele constructive din oţel ale treptei reci a PAR au prezentat o stare bună.

Eficienţa termică a preîncălzitorului de aer cu treaptă rece din aluminiu este considerată mai ridicată decît la cele care folosesc oţel, fapt explicat prin diminuarea murdăririi cu particule de cenuşă şi funingine.

4.1.3. Acoperirea plăcilor umpluturii stratului rece al PAR

O metodă eficientă de protecţie anticorosivă a stratului rece al preîncălzitoarelor de aer regenerative s-a dovedit fi acoperirea plăcilor metalice ale umpluturii.

S-au folosit diferite tipuri de acoperiri [86, 106] :

— sticloemail A-20 ;
— email : nr. 20/8, nr. 18 ; nr. 13-III ;
— sticlă tip H-24 ; 1513-T şi nr. 261 ;
— cristal de sticlă ESUK-300 ; nr. 122 ; Ţ-4 ;
— lacuri tip A-32 şi A-168.

Experimental s-a demonstrat că cea mai eficientă şi practică metodă de acoperire a plăcilor metalice este emailarea. Emailul cel mai indicat pentru acoperirea plăcilor metalice ale stratului rece al preîncălzitorului de aer regenerativ în vederea protecţiei anticorosive s-a dovedit a fi emailul A-32, rezistent la acţiunea acizilor, şi emailul A-168, cu aspect sticlos şi cu proprietăţi mecanice îmbunătăţite [86].

Plăcile emailate au fost din oţel 08 KP cu dimensiunile 100 X 100 X 1 mm. Pentru a se putea realiza o emailare corespunzătoare oţelul trebuie să aibă un procent de carbon sub 0,1% [247].

Emailarea se face în mod obişnuit cu un strat de grosime 0,2 mm, dar la straturile foarte reci se pot aplica, pentru mărirea rezistenţei la coroziune, straturi de 0,6—0,7 mm grosime. Se recomandă emailarea în trei straturi : unul de grund şi două de protecţie.

Depunerile se îndepărtează uşor datorită slabei aderenţe de email. Se poate folosi spălarea cu jeturi de apă sau cu abur.

Se consideră că murdărirea se face mai puţin intens decît la plăcile neemailate.

Datorită vitezei mai mici de creştere a depunerilor şi a simplităţii spălării a apărut posibilitatea scăderii temperaturii aerului rece cu 40 K şi a gazelor de ardere cu 7—9 K [79].

Viteza maximă de coroziune menţionată în lucrarea [247] pentru emailul cu titan alb a fost de 0,08 g/m^2h.

Ca recomandări de proiectare, în lucrarea [214] se propun : viteza gazelor de ardere 10—12 m/s şi viteza aerului 8—10m/s printre plăcile emailate ale stratului rece, iar în lucrarea [86] pentru evitarea spălărilor dese cu apă este indicată limitarea temperaturii aerului rece la minimum 325 K (cînd temperatura gazelor de ardere la evacuare este mai mare de 425 K şi excesul de aer în gazele de ardere mai mare de 10%). De asemenea, pentru evitarea căderii umpluturii emailate datorită coroziunii elementelor de fixare şi a carcaselor pachetelor se recomandă executarea acestora cu o grosime dublă faţă de cea obişnuită.

4.1.4. Realizarea umpluturii din bile metalice, ceramice sau din sticlă

O construcţie interesantă a preîncălzitorului de aer regenerativ este prezentată în lucrarea [87]. În preîncălzitorul de aer cu arborele orizontal, în locul umpluturii din plăci s-au instalat casete care se pot umple cu bile metalice, ceramice sau din sticlă.

Pentru micşorarea rezistenţei aerodinamice a stratului de bile casetele se dispun în zig-zag. Bilele se distribuie uniform în întregul volum al umpluturii şi se rostogolesc uşor în timpul funcţionării preîncălzitorului. Prin rostogolirea bilelor se obţine mărirea coeficientului de transmisie a căldurii şi se autocurăţă umplutura. Pentru realizarea rostogolirii libere casetele se umplu în proporţie de 90% din volum. Orificiile ocupă 50% din suprafaţa pereţilor casetelor, iar diametrul lor este de circa 60—70% din diametrul bilelor, care la rîndul lui este de 3—8 mm.

La funcţionarea cu combustibil cu procent ridicat de sulf se poate folosi o schemă cu casetele cu strat dublu realizat prin montarea în fiecare casetă a unui perete suplimentar despărţitor perforat, care separă stratul de bile metalice de cel din ceramică, mai rezistent la coroziune.

S-au realizat şi umpluturi din bile de sticlă pentru preîncălzitoarele de aer regerative [88]. Diametrul bilelor de sticlă experimentate de VTI a fost de 19,5 mm. Temperatura maximă a suprafeţei bilelor în timpul experimentărilor a fost de 733 K, iar coeficientul de schimb de căldură a fost de 2,5 ori mai mare decît în cazul plăcilor metalice.

Temperatura gazelor de ardere a fost cuprinsă între 413 şi 753 K la intrarea în preîncălzitor şi între 333 şi 433 K la evacuare.

Rezistenţa aerodinamică la folosirea bilelor de sticlă a fost cu 10—25% mai mică decît în cazul plăcilor metalice.

4.1.5. Realizarea umpluturii din grile cu noduri sferice

În casetele executate din tablă perforată ale preîncălzitoarelor de aer regerative se poate monta o umplutură formată din grile care au nodurile sferice şi sînt suprapuse una peste alta în aşa fel încît nodurile să fie dispuse în zig-zag. Aceasta permite curăţirea uşoară şi asigură o ridicată eficienţă termică.

Grilele se pot executa din fontă cenuşie şi siluminiu.

Experimentările cu acest tip de umplutură s-au efectuat în laboratoarele VTI. S-a recomandat ca viteza gazelor de ardere şi a aerului prin umplutură să nu fie mai mare de 2,5—3 m/s. Coeficientul de schimb de căldură a fost de 35 $W/m^2 \cdot K$, iar rezistenţa aerodinamică de 1000 Pa.

4.1.6. Preîncălzitoare de aer regenerative cu recircularea aerului cald printr-un compartiment circular

Pentru înlocuirea parţială a aburului necesar caloriferelor şi pentru diminuarea temperaturii gazelor de ardere la evacuare, fără a se mări suprafaţa de încălzire a preîncălzitorului de aer regerativ, se recomandă realizarea unei scheme în

care numai aproximativ 40% din cantitatea de aer trece prin calorifer și prin partea circulară centrală a preîncălzitoarelor, după care, acesta, fiind încălzit, se amestecă cu cealaltă cantitate de aer rece și pătrunde din nou în preîncălzitorul de aer, de data aceasta, în partea periferică a lui [1].

4.2. Preîncălzitoare de aer cu agent purtător de căldură intermediar

În ultima vreme au apărut tipuri noi de preîncălzitoare de aer regerative în care căldura este preluată de la gazele de ardere de un agent termic solid (de exemplu sub formă de bile) care se deplasează și cedează căldura aerului, așa cum se poate vedea în figura 5.

Ca agent intermediar pot fi folosite substanțe friabile, pulberi (nisip), alice, bile (din fontă, ceramică, sticlă), pietriș etc.

După concentrația componentei solide a fluxului în dispersie se pot folosi :

a) instalații cu suspensii în gaz (concentrația volumetrică reală 0,01—0,03 m^3/m^3) ;

b) instalație cu strat etanș deplasabil (concentrația volumetrică a umpluturii friabile : 0,3—0,6 m^3/m^3) ;

c) instalații intermediare, cu strat căzător (concentrația umpluturii mobile : 0,03—0,3 m^3/m^3).

Instalațiile cele mai numeroase sînt cele executate conform schemei din figura 5. Instalația este compusă din secțiunea 1 prin care circulă gazele de ardere și secțiunea 2 prin care circulă aerul. Agentul intermediar, umplutura de bile 11, se deplasează prin cădere liberă cu viteză de 2—14 mm/s din buncărul superior 7, printre jaluzele spălate transversal de gazele de ardere unde preiau căldura, trec prin camera de „tasare" 6 care asigură etanșeitatea secțiunilor, apoi în secțiunea de aer bilele cedează căldura trecînd printre jaluzelele spălate transversal de aer. De aici bilele se strîng în buncărul inferior 8 și cu ajutorul dispozitivului de alimentare 9 și al elevatorului 10 revin în buncărul 7 și se reia ciclul de funcționare.

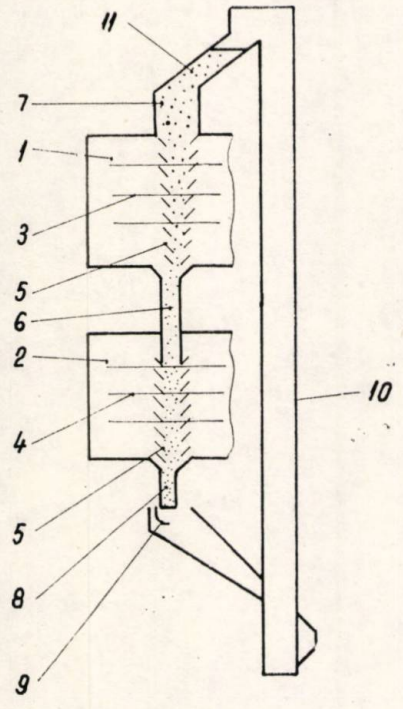


Fig. 5. Preîncălzitor de abur regenerativ cu purtător de căldură intermediar (cu umplutură în deplasare) : 1 — secțiunea de gaze de ardere ; 2 — secțiunea de aer ; 3 — curent de gaze de ardere ; 4 — curent de aer ; 5 — jaluzele ; 6 — camera de tasare ; 7 — buncăr de bile superior ; 8 — buncăr de bile inferior ; 9 — dispozitiv de alimentare ; 10 — elevator ; 11 — agentul intermediar (bile).

În exemplele prezentate [1, 81, 93, 95, 96] s-au folosit alice de 3—7 mm, bile de ceramică de 6 mm și bile din porțelan sau aluminiu de 12 mm.

Jaluzelele sînt executate din benzi de 53 × 3 mm cu pasul de 50 mm și unghiul de 30° față de verticală. O umplere cu 30 t alice oferă de exemplu, o suprafață de schimb de căldură de 3500 m^2. Elevatorul cu cupe are debitul de 50 m^3/h.

Cu ajutorul acestui schimbător de căldură se realizează coborîrea temperaturii gazelor de ardere la evacuare pînă la 395—425 K. Au fost efectuate și experimentări cu coborîrea temperaturii pînă la 345 K (cu folosirea bilelor ceramice), fără să apară o murdărire supărătoare (bilele se autocurățâ).

Viteza recomandată pentru agentul intermediar este, de exemplu, de 1,3 m/s în cazul bilelor din fontă și 1,2 m/s în cazul bilelor din ceramică [96].

În lucrarea [95] se indică consumul de energie electrică pentru manevrarea bilelor : 0,15 kWh pentru fiecare tonă de abur produsă. Uzura bilelor a fost de 1—2 tone pe lună. Eficiența termică s-a dovedit bună și nu a fost afectată siguranța în funcționare a cazanului [96].

S-au făcut experimentări și cu nisip de cuarț de 0,5 mm. Frînarea umpluturii care cade s-a făcut cu site avînd orificii cu diametrul de circa 7 ori mai mare decît diametrul particulelor de nisip. Concentrația volumetrică a agentului intermediar a fost de 0,2%.

4.3. Preîncălzitoare de aer regenerative cu admisie intermediară a unei părți din gazele de ardere

În R.F.G. s-a realizat o schemă interesantă de preîncălzitor de aer în care se obține o preîncălzire a aerului la un nivel termic mai ridicat decît la construcțiile obișnuite, pe seama reducerii temperaturii gazelor de ardere la evacuare [1].

Pe circumferința părții de mijloc a preîncălzitorului de aer regenerativ (fig. 6) sînt prevăzute ferestre pentru admisia intermediară a gazelor de ardere. Fluxul de gaze se bifurcă, după trecerea prin treapta principală a economizorului, în două părți : cantitatea cea mai mare de gaze intră în preîncălzitor în mod obișnuit, iar cealaltă trece prin treapta suplimentară a economizorului și apoi pătrunde în preîncălzitor prin ferestrele intermediare.

Datorită egalizării echivalenților de apă ale gazelor de ardere și aerului, în partea inferioară a preîncălzitorului de aer se realizează o diferență de temperatură suficient de mare (la capătul cald al acestuia), ceea ce permite încălzirea aerului la un nivel termic mai înalt.

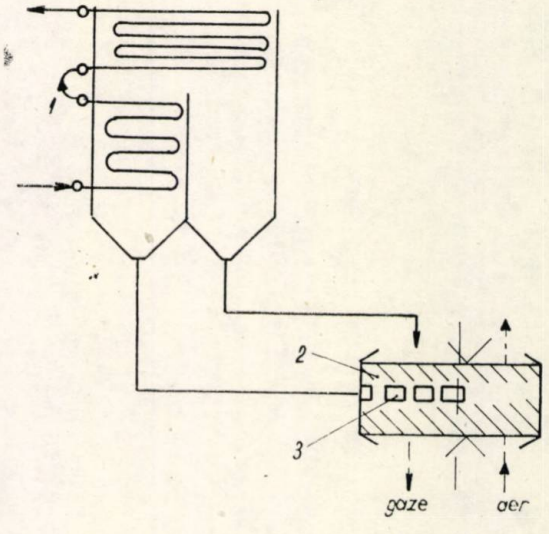


Fig. 6. Schema de funcționare a preîncălzitorului de aer regenerativ cu admisia intermediară a unei părți din gazele de ardere : 1 — economizor ; 2 — preîncălzitor de aer ; 3 — ferestre intermediare

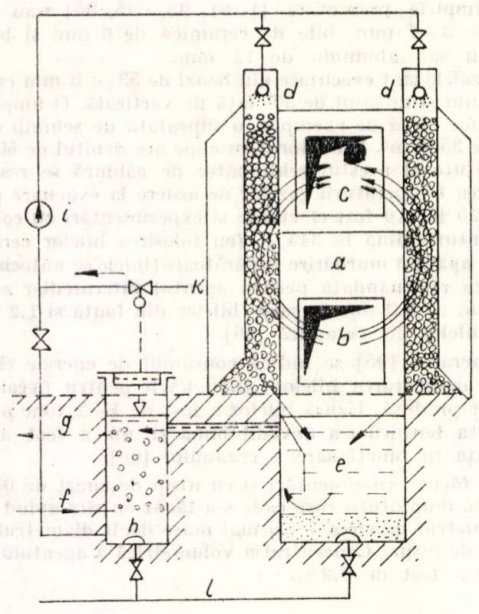


Fig. 7. Recuperatorul de căldură (filtru umed) cu piatră: a — camera de filtrare; b — intrarea gazelor de ardere; c — ieşirea gazelor de ardere; d — colector de injectare a apei; e — bazin de decantare; f — intrarea apei după utilizare; g — ieşirea apei spre utilizare; h — schimbător apă-apă; i — pompă de circulaţie; k — completare apă; l — purje.

4.4. Schimbătorul de căldură cu încărcătură de piatră (filtru umed).

Schimbătorul de căldură cu încărcătură de piatră este un recuperator regenerativ [44] în care se combină recuperarea avansată a căldurii gazelor de ardere cu filtrarea acestora. El a fost experimentat cu rezultate pozitive la cazane de abur alimentate cu huilă şi turbă. Gazele de ardere se răcesc de la 415—435 K la 317—350 K, cu un randament termic de recuperare de 45%.

Principiul recuperării este trecerea gazelor printr-un filtru umed construit dintr-o umplutură de piatră spălată continuu de apă. Căldura preluată în filtru de către apă, se cedează într-un schimbător apă-apă.

Aşa cum rezultă din figura 7 gazele de ardere pătrund prin gura de intrare în interiorul recuperatorului, unde sînt conduse printre pietrele umpluturii. Apa iese din colectorul cu orificii şi spală umplutura de piatră venind în contact cu gazele şi preluîndu-le o parte din căldură, după care îşi urmează drumul către bazinul de decantare. Apa reţine o cantitate de cenuşă din contactul cu gazele de ardere pe care o depune pe fundul bazinului şi care se elimină prin canalul de purjare.

Apa caldă trece din bazinul de decantare printr-o conductă în interiorul schimbătorului cu nivel apă-apă, în care căldura este preluată de apa tehnologică. Cu ajutorul unei pompe de recirculaţie apa este absorbită şi reintrodusă în circuit. Apa poate reţine şi sulful din gazele de ardere. Piatra folosită este o piatră dură: granit, marmură sau dolomit.

Suprafaţa de schimb de căldură este de circa 140 m^2 pentru fiecare m^3 de umplutură. Suprafaţa specifică de schimb de căldură este de 2,5—3 ori mai mare decît în cazul suprafeţei realizate din fontă cu aripioare. Debitul de apă evaporată în filtru oscilează între 0,264 şi 0,440 kg/m^2h.

Masă rotundă

Disponibilitatea morilor de cărbune a constituit obiectul discuţiilor în jurul mesei rotunde care a fost organizată de revista Energetica cu concursul competent şi eficient al Intreprinderii de Electrocentrale Oradea la 14 noiembrie 1984. Tema dezbătută în cadrul mesei rotunde se referă la situaţia unuia dintre principalii factori de influenţă asupra producţiei centralelor electrice care funcţionează cu cărbune. La discuţii au participat 20 cadre de specialitate, care prin intervenţiile lor au realizat schimbul de experienţă scontat. Experienţa tehnică şi organizatorică a IE Oradea care realizează un număr mediu al morilor în funcţiune apropiat de n — 1 este foarte interesantă.

Participanţii au avut posibilitatea, după terminarea discuţiilor, să efectueze o vizită în instalaţii, să cunoască dotarea cu dispozitive şi scule şi să discute cu personalul de reparaţii.

Se poate aprecia că masa rotundă a fost utilă cu toate că, în mod regretabil, unele mari centrale nu şi-au trimis delegaţi, iar majoritatea participantilor nu au trimis revistei spre publicare textele intervenţiilor. Publicăm în continuare intervenţia şefului secţiei cazane IE Oradea, ing. Horia Goia şi a inginerului Gheorghe Nicolae, şef secţie reparaţii termomecanice de la I.E. Deva.

T.P.

Producţia de abur a cazanelor funcţionînd pe cărbune depinde în foarte mare măsură de disponibilităţile instalaţiilor de preparare şi ardere a cărbunelui, în special de disponibilităţile morilor de cărbune. Uzura acestora, produsă în timpul procesului de măcinare, impune reparaţii dese, ceea ce are ca efect reducerea temporară a producţiei de abur.

Acest efect este influenţat de reducerea treptată a debitului de cărbune măcinat de mori, ca urmare a uzurii produse în exploatare. Dacă peste aceste efecte se suprapune şi abaterea de la banda de calitate a cărbunelui pentru care au fost proiectate instalaţiile, producţiile de abur ale cazanelor scad mult, sub valorile nominale.

În dorinţa obţinerii unor disponibilităţi ale morilor ventilator (MV) cît mai ridicate, a creşterii continue a producţiei lor de abur, pe cazane, preocupările CET Oradea s-au materializat prin experimentarea şi punerea în aplicare la MV din dotarea centralei a unor soluţii care au condus la obţinerea unor rezultate deosebite. Acestea au constat în :

— lăţirea rotorului MV de la C3 (MV de debit 23 t/h) cu 50 mm, ceea ce a condus la creşterea debitului pe moară cu circa 4 t/h ;

— modificarea intrării cărbunelui în paletele rotorului MV în vederea distribuirii uniforme a cărbunelui pe toată lungimea blindajului. Efectul acestei soluţii este uzura uniformă a blindajului şi creşterea duratei de funcţionare a MV între două reparaţii de rotor cu 150 h ;

— modificarea rotorului MV 1 de la C5 (MV de debit 27 t/h) şi a gîtului de refulare a MV după soluţie dată de ICEMENERG, ceea ce a condus la o creştere a debitului de cărbune măcinat pe moară cu circa 20 % ;

— înlocuirea cuplajelor rigide cu cuplaje elastice între moară şi motorul de antrenare. Acest lucru a avut ca efect protejarea motorului electric în cazul avarierii MV ;

— măsurarea temperaturilor lagărelor MV la carcasa rulmentului. În felul acesta protecţia de temperatură lagăre sesizează imediat o eventuală creştere de temperatură şi declanşează MV înainte ca lagărele acestora să se supraincălzească şi deci să se deterioreze.

Ca perspectivă de viitor, consider că la proiectarea cazanelor de abur ar trebui luate în considerare următoarele :

— conceperea, proiectarea şi executarea noilor cazane de producţie indigenă cu o moară ventilator rezervă caldă şi o moară ventilator în reparaţie ;

— acordarea prin proiect şi plan forţă de muncă de personal suficient pentru lucrul în trei schimburi la repararea MV ;

— conceperea prin proiecte şi execuţia statorului MV din subansambluri (casete) care să permită înlocuirea lor cu altele de rezervă. În acesl fel s-ar putea reduce durata de staţionare în reparaţie a MV ;

— conceperea şi proiectarea unor dispozitive cu semnalizare optică şi acustică în CCT, a ruperii cuplajelor, MV pentru evitarea pătrunderii necontrolate a cărbunelui în MV.

Ing. Goia Horia — IE Oradea

Unele probleme privind repararea morilor de cărbune la CET Mintia

Generalităţi

CTE Mintia are o putere instalată de 1260 MW formată din şase grupuri de cîte 210 MW, cu cazane de 660 t/h din cîte două corpuri şi foloseşte mixte de huilă din bazinul carbonifer Valea-Jiului şi huile din import. Sistemele de preparare a cărbunelui sînt echipate cu mori cu ciocane, cîte 8 pe cazan.

Morile sînt prevăzute cu 102, respectiv 120 ciocane din oţel manganos T.130 M.135.

În primii ani de funcţionare ai centralei Mintia, ponderea cea mare în totalul de cărbune folosit o avea huila de Valea Jiului şi în completare diferiţi cărbuni din import, de calitate superioară huilei primite din Valea Jiului. În aceste condiţii funcţionarea morilor de cărbune nu a ridicat probleme deosebite, durata ciocanelor depăşind 400 ore.

Ulterior calitatea cărbunelui a început să se înrăutăţească predominînd mixtele şi, în consecinţă, durata ciocanelor de la mori a scăzut la o medie de 250 — 270 ore. Dinamica căderii puterii calorice a cărbunelui, corespunzînd creşterii conţinutului la cenuşă şi a numărului de ore ce reprezintă durata ciocanelor, este prezentată în figura 1. Graficul este întocmit pentru o perioadă de doi ani, cînd s-a schimbat sortul combustibilului.

1. Probleme apărute la repararea morilor de cărbune

1.1. *Uzura intensă a ciocanelor*

Iniţial morile au fost echipate cu ciocane din oţel, încărcate la partea activă cu un material foarte dur, denumit T-620, a căror durată era 600 — 700 ore de funcţionare. După epuizarea rezervei sosită din import, s-au încercat diferite tipuri de ciocane fabricate în ţară, astfel :

— din OT-50, durata acestora fiind în jur de 200 ore ;
— din T.130 M.135, durata acestora 350 — 500 ore funcţionare ;
— din FAER cu durata 250 — 300 ore.

În urma încercărilor ne-am oprit la ciocanele din oţel manganos T.130 M.135. Durata acestor ciocane în situaţia

cărbunelui de azi cu un conținut de cenușă în jur de 50% este în jur de 200 — 250 ore. Duritatea acestor ciocane este circa 200 unități Brinell.

Uneori, din cauza tratamentului termic necorespunzător, ciocanele din oțel manganos sînt foarte casante și se sparg la primul impact cu cărbunele.

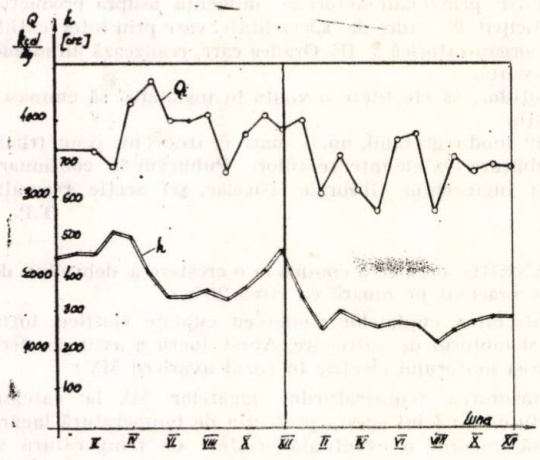


Fig. 1. Durata ciocanelor în funcție de puterea calorică a cărbunelui.

1.2. Defecțiuni frecvente la rulmenți

Rotorul morii, în greutate de circa 5,5 tone se sprijină pe rulmenți cu două rînduri de role butoi, seria 22344. Ungerea rulmenților se realizează cu unsoare consistentă RUL.145 sau LiCa.

Defecțiuni apărute la rulmenți:

a. Defretarea rulmentului de pe ax. Montarea rulmentului pe ax se face cu o strîngere de 0,02 — 0,04 mm care cu timpul, după circa 5000 ore de funcționare dispare. Urmează încălzirea puternică și griparea, uneori chiar sudarea, inelului interior pe ax.

b. La uzuri neuniforme ale ciocanelor, la căderea unui ciocan de pe braț, sau la spargerea unui ciocan, moara începe să funcționeze dezechilibrată static și dinamic. Vibrațiile se manifestă prin bătăi în lagăre. Urmarea acestor regimuri de funcționare este uzura-tasarea corpului lagărului, ducînd la creșterea jocului între inelul exterior al rulmentului și corpul lagărului; de la 0,08 mm se ajunge la 1—2 mm. Remedierea se realizează prin demontarea rotorului, a lagărelor și bucșarea acestora la atelierul mecanic.

c. Un număr destul de mare de defecțiuni la rulmenți a avut drept cauză calitatea necorespunzătoare a unsorii. La determinarea punctului de picurare, acesta era sub 100°C. Nu se mai folosesc unsori fără a fi fost verificată temperatura de picurare. Cu bune rezultate se folosește unsoarea LiCa, atît pentru rulmenții morilor, cît și pentru cei de la motoarele electrice.

d. Arborele morii și rulmenții acestuia, sînt răciți cu apă care pătrunde de la un cap de distribuție, printr-un tub central, de la un cap la altul al axului.

Orice defecțiune la calitatea apei de răcire, la debitul acesteia, la capul de distribuție, conduce la încălzirea rulmentului și la necesitatea intervenției pentru remediere.

1.3. Defecțiuni la cuplaj

Inițial, morile au fost echipate cu cuplaje cu alice avînd dimensiunile Ø 8—10 mm cu lungimea de 12 mm. Aceste cuplaje s-au dovedit foarte pretențioase al centraj și la uzura alicelor. Au avut loc numeroase defecțiuni cu distrugeri de cuplaje, blocări ale acestora, urmate de staționări îndelungate ale morilor. În 1975 s-a înlocuit la una din mori, experimental, cuplajul cu alice cu un cuplaj semielastic, format din două semicuple, asamblate cu buloane și bucșe de cauciuc. După o funcționare de circa 5000 ore, expertizarea motorului a dovedit că se comportă satisfăcător și soluția a fost generalizată la toate morile.

În 1983, pentru a îmbunătăți condițiile de pornire ale motoarelor s-a confecționat și montat un cuplaj cu pulbere metalică (bile cu Ø 3 mm). Acest cuplaj s-a dovedit eficient în ceea ce privește caracteristica de pornire a motorului, dar prezintă deficiențe la sistemul de asigurare a buloanelor și are încă o fiabilitate redusă.

1.4. Defecțiuni la motoarele morilor

S-au produs defecțiuni prin ruperea barelor de la rotor cu necesitatea rebobinării, precum și multe defecțiuni la barele statorice, la sistemul de impănare, care atrage după sine indisponibilități îndelungate ale morilor, ceea ce influențează negativ coeficienții de disponibilitate.

3. Organizarea reparațiilor la sistemele de preparare a prafului de cărbune

Avînd în vedere importanța morilor de cărbune pentru puterea și energia pe cărbune produsă de centrală, mai ales după înrăutățirea calității cărbunelui, cînd, practic nu mai erau mori în rezervă, s-au încercat mai multe sisteme de lucru care să țină cont de necesități. În prezent, repararea morilor este realizată de o brigadă formată din 80 muncitori și 5 maiștri, repartizați pe trei ture astfel că se acoperă toate trei schimburile cu personal de intervenție. Pentru vîrful de iarnă instalațiile de preparare de la două din cele șase blocuri ale centralei au fost preluate pentru întreținere de Șantierul de Construcții și Montaje Energetice de pe platformă, avînd afectați pentru această activitate circa 50 lucrători. În acest fel intervenția la mori este permanentă, ceea ce are repercusiuni pozitive asupra gradului de disponibilitate a morilor.

Deosebit de eficientă a fost activitatea de reparare a morilor de cărbune în acord global. Productivitatea muncii formațiilor care lucrau în acord global, s-a dovedit a fi net superioară formațiilor ce lucrau în regie, ajungînd la 170—180% față de acestea. Această formă de lucru nu a mai putut fi aplicată odată cu introducerea acordului global pe întreprindere. Este vorba despre preluarea de către anumite formații spre execuție, a anumitor lucrări (revizii tehnice la mori, etanșări la sistemele de praf, înlocuiri de conducte de cărbune brut etc.).

Considerăm că nu trebuie să se renunțe la această formă de lucru, mai ales în sectoarele vitale ale centralelor electrice.

Ing. Gheorghe Nicolae — IE Deva

Cronică

35 ani de studii și proiectare în energetică
Sesiunea de comunicări tehnico-științifice ISPE—ISPH
„Utilizarea rațională și eficientă a resurselor energetice ale țării"

— București, 6—7 decembrie 1984 —

Cu prilejul împlinirii a 35 de ani de activitate în domeniul studiilor și proiectelor energetice din țara noastră a avut loc în zilele de 6—7 decembrie 1984 o sesiune de comunicări organizată de cele două institute de proiectare ale M.E.E.

Tematica acestei sesiuni a fost axată pe o problemă de o deosebită importanță, și anume „Utilizarea rațională și eficientă a resurselor energetice ale țării", tematică care a stat permanent la baza activității acestor două institute.

În cuvîntul de deschidere a lucrărilor tov. ing. N. Mănescu, prim adjunct al ministrului energiei electrice, a evidențiat realizările deosebite ale lucrătorilor celor două institute și contribuția lor la dezvoltarea energeticii românești, precum și direcțiile în care trebuie să persevereze în continuare pentru înfăptuirea politicii noastre energetice, în cadrul prevederilor directivelor Congresului al XIII-lea al P.C.R., al orientării și indicațiilor date de conducerea de partid și de stat, de secretarul general al partidului, tovarășul Nicolae Ceaușescu.

Lucrările au fost salutate de reprezentanți ai CNST, CNA, IGSIC, precum și ai unor unități din MEE, CIPEET ICEMENERG și altele. De asemenea, dr. ing. L. Groza a luat cuvîntul din partea CEE-ONU.

Un moment emoționant a fost prilejuit de luările de cuvînt ale celor care au contribuit la înființarea ISPE sau au condus activitatea acestui institut în trecut : prof. dr. ing. N. Gheorghiu, prof. emerit ing. C. Dinculescu, membru corespondent al Academiei R.S.R.

Directorii celor două institute ,dr. ing. N. Armencoiu și ing. I. Leuștean, au prezentat rapoartele generale.

Participanții au transmis tovarășului Nicolae Ceaușescu o telegramă al cărui conținut a reflectat, încă o dată, angajarea lor în înfăptuirea politicii noastre energetice.

Lucrările sesiunii s-au desfășurat în cadrul a șase secții de specialitate (cuprinzînd 363 referate*), și anume :

Secția 1. Dezvoltarea sistemului electroenergetic și surse noi de energie (57 referate).

Secția 2. Tehnologii și echipamente în centrale termoelectrice și nucleare ; sisteme de termoficare (66 referate).

Secția 3. Amenajări hidroenergetice (114 referate).

Secția 4. Rețele electrice (linii și stații) (44 referate).

Secția 5. Informatică și automatizări în proiectarea și funcționarea obiectivelor energetice și SEN în ansamblu (62 referate).

Secția 6. Construcții industriale și hidrotehnice (20 referate).

La lucrări au participat circa 650 specialiști din proiectare, cercetare, învățămînt superior, exploatare, construcții-montaj etc.

Celor mai bune lucrări prezentate li s-au acordat diplome.

În cadrul *secției 1* a fost abordată o problematică diversă, legată de dezvoltarea în ansamblu și de funcționarea sistemului electroenergetic național în stadiul actual de dezvoltare economico-socială a țării noastre. Dintre problemele, care au făcut obiectul referatelor prezentate se menționează :

— probleme generale de dezvoltare a energeticii în țara noastră (4 referate) ;
— probleme de dezvoltare și organizare a studierii sistemului energetic național (8 referate) ;
— optimizare și eficiență economică a dezvoltării sistemului energetic national (3 referate) ;
— evoluția consumului de energie electrică (1 referat) ;
— optimizarea funcționării sistemului energetic, automatică, protecție și reglaj (8 referate) ;
— utilizarea rațională a energiei electrice la consumatori (10 referate) ;
— probleme de reducere a consumului propriu tehnologic în SEN (1 referat) ;
— surse energetice noi și corelarea acestora cu sursele clasice (15 referate).

S-a subliniat faptul că situația energetică contemporană, solicită schimbarea concepției energetice bazate pe folosirea masivă a hidrocarburilor (65% la nivel mondial și 75% în țara noastră) cu o concepție bazată pe alte rezerve energetice, în esență pe cărbune și pe energie nucleară.

S-a remarcat în mod deosebit contribuția teoretică adusă în domeniul prognozei necesarului de energie electrică, România fiind printre primele țări care au utilizat metode de prognoză econometrice, de eficiență recunoscută pe plan internațional.

În categoria problemelor de funcționare a sistemului energetic s-a evidențiat faptul că intrarea în funcțiune a interconexiunii la 750 kV a SEN implică o serie de măsuri pentru controlul regimurilor de funcționare, pentru care s-a elaborat concepția unei automatizări complexe, bazate pe tehnica de calcul de proces.

Preocupările legate de siguranța în funcționare a sistemului energetic și a instalațiilor sale s-au bucurat, de mult timp, de o atenție specială și au inclus, treptat, o largă sferă de probleme. Din acest punct de vedere ISPE s-a afirmat în țară și în străinătate, ca un promotor în domeniul calculului siguranței instalațiilor energetice, asigurînd metode și programe de calcul, date de bază și reglementări cu caracter normativ.

Referatele privind energia eoliană și energia valurilor au prezentat realizări interesante prin ineditul lor și prin perspectiva de a da rezolvări în anumite cazuri în viitor.

S-a evidențiat importanța unei corecte considerări a randamentului global în diferite activități, dar mai ales în proiectarea obiectivelor energetice. S-a scos în evidență necesitatea economisirii energiei, respectiv mărirea randamentului în instalațiile de producere a energiei electrice și a căldurii, precum și la transportul și distribuția energiei electrice.

În condițiile de funcționare ale sistemului energetic din țara noastră, deosebit de importante au rezultat problemele legate de asigurarea unei siguranțe mărite în funcționarea instalațiilor, de lărgirea interconexiunilor, de realizarea unor instalații de automatică corespunzătoare cerințelor tehnologice, cu un grad de fiabilitate ridicat.

---

* Titlurile și autorii lucrărilor sînt publicate într-o broșură specială editată de ISPE și ISPH, care poate fi consultată la cele două institute. De asemenea, la cele două institute pot fi consultate și lucrările „in extenso".

Au fost subliniate implicațiile funcționării de durată în condițiile unei balanțe energetice neechilibrate, cu frecvență scăzută. S-a subliniat, de asemenea, scăderea nivelului de siguranță ca urmare a abaterii de la prevederile de proiect datorită regimului de funcționare adoptat. Toți vorbitorii au marcat importanța revenirii la frecvența normală (peste 49,5 Hz).

S-a marcat necesitatea realizării de centrale hidroelectrice cu acumulare și pompaj legată de rigidizarea SEN, datorită creșterii numărului centralelor termoelectrice și de termoficare pe cărbune, ca și de realizarea în viitor, a CNE.

În cadrul *secției a II-a*, s-a evidențiat nivelul tehnic al realizărilor și preocupărilor de viitor în domeniul important al tehnologiilor și echipamentelor din centralele termoelectrice, nucleare, precum și din sistemele de termoficare.

Cele 66 rapoarte discutate în cadrul secției s-au grupat pe probleme, după cum urmează :

— concepția privind proiectarea și funcționarea de CTE, CET și CT funcționînd cu cărbune (4 referate) ;

— siguranța în funcționare a echipamentelor din CTE și CET (3 referate) ;

— aspecte tehnice și economice ale schemelor termice, cazanelor, turbinelor și instalațiilor auxiliare (23 referate) ;

— aspecte tehnice și de siguranță ale schemelor și echipamentelor electrice din CTE (7 referate) ;

— aspecte legate de proiectarea părții clasice din CNE cu referire la partea rece a turbinelor, scheme pentru livrarea de căldură, turnuri de răcire (4 referate) ;

— concepția și problematici noi în gospodărirea de cărbune (2 referate) ;

— concepția și stadiul sistemelor de termoficare, precum și problematica transportului căldurii la mari distanțe (2 referate) ;

— aspecte diverse ale unor elemente componente din CTE și CET ca, de exemplu, coșurile de fum-dimensionare și rezultate, sisteme de control al poluării atmosferice, tratarea chimică a apei, concepția privind exploatarea și reparațiile la centralele termoelectrice funcționînd pe combustibil solid (10 referate).

Dintre problemele mai importante rezultate în urma intervențiilor din cadrul lucrărilor secției a II-a se menționează :

— prestări de tehnologii noi în utilizarea eficientă a cărbunelui pentru producerea energiei electrice și termice ;

— soluții pentru realizarea centralelor termice de medie și mică capacitate, cu cărbuni inferiori ;

— contribuții la proiectarea conductelor de înaltă presiune ;

— posibilități de îmbunătățire a schemelor de pornire la blocurile de 330 MW și 150 MW ;

— soluții pentru conducerea prin calculator a centralelor termoelectrice ;

— idei noi în concepția camerelor de comandă tehnologice din CET funcționînd cu cărbune ;

— proiectarea unui sistem unitar CICERO, care în viitor va asigura participarea calculatorului în proporție de 50 % la documentațiile pe partea electrică și de automatizare ;

— ameliorări ale proiectelor morilor ventilator în vederea măririi debitului ;

— propuneri de modernizare a turbinei DSL-50 ;

— idei noi în concepția realizării gospodăriilor de combustibil solid ale termocentralelor ;

— idei noi în concepția schemelor de evacuare a zgurii și cenușii ;

— soluții privind livrarea de abur și apă fierbinte din CNE.

Pe baza aspectelor evidențiate de referate ca și de discuțiile purtate în cadrul secției a II-a, s-au conturat concluzii importante ce privesc perfecționarea, în continuare, a tehnologiilor pentru termocentralele ce funcționează pe lignit și șisturi, creșterea disponibilității acestora, reducerea consumurilor serviciilor proprii ale centralelor și folosirea cît mai eficientă a energiei primare din combustibili clasici. De asemenea, s-a conturat importanța și eficiența ridicată a folosirii energiei nucleare la acoperirea necesarului de căldură în scopuri de încălzire și tehnologice.

În cadrul *secției a III-a* au fost analizate probleme referitoare la concepțiile amenajărilor hidroenergetice adaptate la implicațiile crizei mondiale a energiei, metodelor de analiză tehnică și economică și a criteriilor de fundamentare a investițiilor, principii și metode noi de calcul și dimensionare a barajelor, digurilor și lucrărilor auxiliare, în care metoda elementului finit și a evaluării riscului construcțiilor este bine reprezentată, soluții noi în alcătuirea obiectelor hidroenergetice, tehnologii noi de execuție mai economice și cu productivitate mare.

Dintre problemele care au făcut obiectul referatelor prezentate se menționează :

— extinderea construcțiilor hidroenergetice în zonele cu roci moi, roci semistîncoase sau roci puternic tectonizate și alterate (20 referate) ;

— probleme privind centralele hidroelectrice (40 referate) ;

— comportarea lucrărilor hidrotehnice, eficiența supravegherii amenajărilor hidroenergetice, accidente survenite (15 referate) ;

— probleme de ecologie a amenajării potențialului hidroenergetic (2 referate).

Au fost prezentate metodele de investigare a terenului de fundare și a materialelor de construcții folosite în scopul obținerii parametrilor de calcul, precum și metodologia de calcul propriu-zis prin automatizarea calculelor și folosirea cît mai completă a informațiilor obținute din studiile de teren și laborator.

În domeniul CHE au fost tratate hidraulica fuzelor și a tuburilor de aspirație a centralelor, alegerea numărului de grupuri, amplasarea anexelor centralelor, construcția turbinelor axial rapide, ruperi de palete ; evoluția concepției părții electrice a centralelor ; comanda, automatizarea și conducerea operativă a centralelor, alegerea schemelor electrice, creșterea gradului de prefabricare a centralelor ș.a.

Caracteristica generală ce se desprinde din analiza comunicărilor prezentate la secția 3 o constituie multitudinea de probleme cu care a fost confruntat ISPH-ul ca autor al centralelor hidroelectrice ce însumează o putere de peste 4000 MW, complexitatea acestor probleme și nivelul deosebit al rezolvării tuturor acestor probleme verificate și în proiectele furnizate la export. La aceste rezultate deosebite, o contribuție importantă au avut-o și colaboratorii ISPH, reflectată în 31 de comunicări.

Lucrările *secției a IV-a* s-au desfășurat în două părți : în partea I s-au discutat 20 referate, tratînd probleme pe linii electrice aeriene și în cabluri de 110, 220, 400 și 750 kV, consumul propriu tehnologic al liniilor, un nou sistem de distribuție de joasă și medie tensiune, iar în partea a II-a (24 referate) s-au discutat probleme de stații electrice 110, 220 ,400 și 750 kV, protecție prin relee, teletransmisiuni, microprocesoare pentru stații, coordonarea izolației etc.

Din cele 20 referate discutate în partea I, 11 referate tratează probleme de concepție și proiectare ale liniilor electrice aeriene de 110, 220 și 400 kV pentru țară și ale liniilor contractate la export, 4 referate se ocupă de problemele specifice proiectului liniei de 750 kV de interconexiune, 2 referate expun chestiuni privind consumul propriu tehnologic pe linii, iar 3 referate au ca subiect refolosirea cablurilor de 110 kV cu presiune de ulei demontate, un nou sistem de distribuție de joasă și medie tensiune și statistica descărcărilor electrice atmosferice.

Din conținutul referatelor și al luărilor de cuvînt se pot menționa următoarele probleme mai importante :

— încărcările economice ale liniilor de 220 kV și 400 kV, determinate cu prețurile actuale, fiind mai mari decît cele înregistrate în prezent pe liniile existente impun măsuri pentru liniile care se vor construi în viitor ;

— soluții adoptate pentru liniile de 230, 150, 132, 66 și 33 kV proiectate de institut pentru Iran, Irac, Iordania, Liban, Egipt și Malaezia, care sînt puse în funcțiune sau în curs de execuție;

— metodologii simplificate cu contribuții originale pentru determinarea consumurilor de metal și de beton în stîlpi și fundații, de utilizat în ofertele de linii electrice pentru export;

— îmbunătățirile concepției și calității clemelor și armăturilor de linii electrice aeriene din proiectele de execuție, putînd satisface cerințele impuse de beneficiarii externi pentru linii contractate;

— soluțiile adoptate în proiectele stației de încercări stîlpi metalici în vederea creșterii performanțelor stației, dublării numărului de stîlpi de încercat și conducerii și supravegherii din camera de comandă a încercării stîlpilor cu ajutorul unui calculator de proces;

— soluțiile aplicate la proiectul liniei de 750 kV pentru a lua în considerare influențele liniilor electrice de foarte înaltă tensiune asupra mediului înconjurător și populației și impactul asupra peisajului;

— soluțiile noi adoptate la traseul liniei de 750 kV și în proiectele și detaliile de execuție ale stîlpilor și fundațiilor acestei linii în curs de execuție în prezent;

— concepția originală românească pentru clemele și armăturile linici de 750 kV, condițiile tehnice și funcționale care au fost îndeplinite;

— soluții privind schemele de distribuție pentru două sau trei circuite trifazate cu număr redus de conductoare;

— optimizarea regimurilor de funcționare din punctul de vedere al pierderilor de energie pe linii prin analiza structurii acestor pierderi și posibilități de reducere a pierderilor în exploatare pe linia de 400 kV Gutinaș-Brașov.

În cadrul părții a doua, din cele 24 de referate prezentate în domeniul stațiilor electrice și din intervențiile participanților la discuții, s-au conturat soluțiile în pregătire pentru etapele viitoare de dezvoltare a sistemului energetic național, dintre care se menționează:

— trecerea la un palier mai ridicat al curenților de scurtcircuit de calcul (40 kA) a unora dintre stațiile de 400 kV situate în zone ale sistemului cu concentrări mari de surse de energie electrică, cum sînt cele din apropierea noilor centrale nuclearoelectrice cu grupuri de 700—1000 MW;

— extinderea utilizării celulelor de înaltă tensiune capsulate în SF_6 în centralele urbane și pe platformele industriale;

— utilizarea tehnicii calculului automat în supravegherea și conducerea stațiilor electrice, pe baza echipamentelor cu microprocesoare;

— valorificarea căldurii deșeu din sistemele de răcire ale transformatoarelor de putere și compensatoarelor sincrone, prin instalații de recuperare cu pompe de căldură;

— nouă metodologie de calcul privind transmiterea unor potențiale periculoase prin racordurile exterioare stației;

— nou sistem de iluminat exterior economic și eficient în stații de foarte înaltă tensiune.

În carul *secției a V-a* s-a evidențiat că după peste 20 ani de activitate organizată, mai întîi în ISPE și apoi în ISPH, de utilizare a informaticii în cadrul lucrărilor de studii și proiectare, cele două institute se prezintă la jubileul de 35 de ani de existență, cu un bilanț remarcabil.

Colectivele celor două institute au promovat informatica nu numai în activitatea proprie, ci și pentru conducerea obiectivelor pe care le proiectează, așa încît la secția a 5-a a sesiunii de comunicări tehnico-științifice, au participat cu referate atît specialiști din ISPE și ISPH, cît și din diverse ramuri cu activități înrudite.

Prin tematica abordată cele 62 referate înscrise la secția a 5-a se pot grupa după cum urmează:

— probleme referitoare la sisteme informatice pentru conducerea unităților economice din profilul ramurii energiei electrice (14 referate);

— programe și aplicații privind activitatea de cercetare-proiectare asistată de calculator (18 referate);

— conducerea operativă prin dispecer a sistemului electroenergetic (14 referate);

— probleme privind utilizarea micro-și minicalculatoarelor pentru supravegherea centralelor electrice (9 referate);

— subiecte diverse (7 referate).

Din fiecare grupă au fost selectate 2—3 referate care au fost prezentate în fața participanților la lucrările secției.

Pentru celelalte referate care nu au fost prezentate, raportul general a supus dezbaterilor probleme ridicate de acestea, atît în scopul popularizării unor realizări, cît și pentru clarificarea unor aspecte tehnice și organizatorice referitoare la dezvoltarea informaticii în ISPE și alte unități în cadrul M.E.E.

Dintre problemele care au rezultat din dezbateri se menționează următoarele:

— rezultate și concluzii privind realizarea primelor sisteme teleinformatice DED Suceava și Brașov, precum și a sistemului experimental CORAL-ECAROM;

— concluzii privind evaluarea eficienței economice a utilizării tehnice de calcul în cele trei domenii principale de activitate: conducerea unităților economice, cercetare-proiectare, conducerea proceselor tehnologice.

În cadrul *secției a VI-a* s-au prezentat 20 referate.

Din luările de cuvînt au rezultat următoarele aspecte mai importante:

— se constată unele rămîneri în urmă în domeniul promovării elementelor precomprimate din beton armat (în mare măsură și din cauza lipsei de dotare a executantului);

— s-a evidențiat necesitatea unei abordări mai aprofundate a proiectării structurilor metalice ale sălilor de cazane la care se pune în mod special problema tasărilor inegale datorită diferențelor sensibile de încărcări între stîlpii cazanului propriu-zis și a stîlpilor adiacenți;

— proiectele tip trebuie îmbunătățite, permanent.

Participanții la sesiunea de comunicări și-au manifestat interesul pentru problemele deosebit de actuale dezbătute și au făcut propuneri valoroase cu privire la modul de abordare a acestora în viitor.

Lucrările sesiunii au marcat angajamentul energeticienilor, în primul rînd al lucrătorilor din ISPE și ISPH, pentru utilizarea rațională și eficientă a resurselor energetice ale țării, dezvoltarea energeticii românești, pentru participare activă la realizarea sarcinilor trasate de Congresul al XIII-lea al P.C.R.

Ing. Hermina Albert — ISPE

Generalizarea concluziilor demonstrațiilor particulare ale teoremei Fermat

Dr. ing. Constantin I. Staicu*

NOTA REDACȚIEI: Autorul este recunoscut, în țară și peste hotare, ca specialist în analiza dimensională, domeniu în care a adus contribuții importante, la nivel mondial. Deoarece această lucrare poate prezenta importanță științifică deosebită, dar problematica de actualitate a revistei Energetica are alt profil, redacția a solicitat, în urmă cu un an, analizarea și publicarea lucrării într-o revistă de specialitate, care, din păcate, a refuzat. Ținînd seama că modul de tratare de către autor a teoremei Fermat ar putea constitui o realizare științifică originală și că orice întîrziere în publicare ar putea afecta o prioritate românească, redacția a decis publicarea lucrării în paginile revistei noastre. Considerăm că cititorii vor găsi în acest articol plăcerea unei demonstrații elegante a marii teoreme Fermat și poate că, în același timp, se va suscita interesul cercurilor de specialiști.

INTRODUCERE

Teorema Fermat a fost demonstrată prin diverse metode numai pentru valori particulare ale exponentului, neexistînd pînă în prezent o demonstrație general valabilă. Considerăm că o modalitate de tratare a problemei valabilității generale a teoremei Fermat se poate fundamenta pe **GENERALIZAREA REZULTATELOR PARTICULARE** unanim acceptate. Obiectul lucrării de față este să prezinte tratatea nouă a teoremei Fermat și concluziile care rezultă.

TEOREMA FERMAT

În 1637 Pierre de Fermat (1601—1665) a afirmat că „...este imposibil de împărțit un cub în două cuburi, o a patra putere în două numere la puterea a patra sau, în general, o putere oarecare de un grad superior lui doi în două părți de același grad; ...". Marea/ultima teoremă a lui Fermat se enunță astăzi astfel: oricare ar fi $m > 2$ pozitiv, întreg nu există numere x_1, x_2, y pozitive, întregi, diferite de zero care să satisfacă ecuația

$$x_1^m + x_2^m = y^m. \tag{1}$$

Ecuația (1) este omogenă matematic și **omogenă în privința naturii întregi I a variabilelor.** În conformitate cu acest enunț se poate scrie

$$\begin{array}{r} x_1 + x_2 = y \\ x_1^2 + x_2^2 = y^2 \\ \hline x_1^3 + x_2^3 \neq y^3 \\ \cdots\cdots\cdots\cdots \end{array} \tag{2}$$

Ecuația (1) ar fi, deci, egalitate pentru exponenții care iau numai primele două valori ale șirului natural de numere și inegalitate, pentru infinitatea exponenților avînd valori naturale mai mari ca doi; intervine deci o discontinuitate (marcată prin linia continuă).

DEMONSTRAȚII PARTICULARE

Fermat a afirmat, de asemenea, că „...am descoperit o demonstrație într-adevăr admirabilă, pe care marginea cărții nu o poate conține fiind prea mică" (este vorba de marginea cărții Diophante a lui Bachet de Meziriac, unde Fermat a făcut această menționare).

Demonstrarea teoremei lui Fermat a constituit o preocupare pentru mulți matematicieni. Euler a demonstrat-o în 1768 pentru $m = 3$. Printre hîrtiile lui Fermat a fost găsită demonstrația pentru $m = 4$; după unii autori, acest caz ar fi fost însă demonstrat în 1676 de către Frénicle de Bussy pe baza indicațiilor lui Fermat. Teorema a fost apoi demonstrată, aproape simultan, în 1825 de Dirichlet și Legendre pentru $m = 5$, de Lamé pentru $m = 7$ în 1839 și de Kummer, la jumătatea secolului al XIX-lea, pentru $m < 100$. Potrivit rezultatelor obținute în deceniile trei și patru ale secolului al XX-lea de Lehmer și Vandiver, teorema

* Dr. ing. Constantin I. Staicu este cercetător științific la ICEMENERG.

este demonstrată pentru $m < 4002$. S-a urmărit transformarea teoremei lui Fermat în probleme mai accesibile; pe această cale, imposibilitatea soluțiilor întregi prin numere x_1, x_2, y prime între ele două cîte două și cu m, a fost demonstrată de Sophie Germain (1776—1831) pentru $m < 100$, de Legendre (1752—1833) pentru $m < 233$ și de Dickson (1874—1954) pentru $m < 7000$ [1], [2]. După Postnikov, în prezent teorema Fermat este demonstrată pentru toți exponenții $m < 100000$ [3].

Vandiver a stabilit condițiile suficiente pentru ca teorema lui Fermat să fie adevărată; ele au fost verificate pe un calculator electronic pînă la $m = 100000$. În această situație, un eventual contraexemplu ar trebui să fie căutat printre numerele care depășesc pe 10^{500000} [3].

V. Peiulescu a analizat cele 1000 cazuri posibile de numere întregi care diferă după ultima lor cifră; a constatat că teorema Fermat se confirmă în 962 cazuri; pentru restul de 38 de cazuri nu a reușit să stabilească o concluzie afirmativă [4].

Mulți specialiști s-au întrebat dacă Fermat avea într-adevăr demonstrația „admirabilă" pe care o menționează în notele sale. Marele Gauss, care a încercat să dea o demonstrație, era convins că Fermat nu cunoaștea demonstrația teoremei sale [5].

În baza celor de mai sus se reține că **valabilitatea teoremei Fermat este acceptată unanim pentru cazuri particulare** și anume:

$$\begin{array}{l} x_1 + x_2 = y \\ x_1^2 + x_2^2 = y^2 \\ \hline x_1^3 + x_2^3 \neq y^3 \\ \cdots\cdots\cdots \\ x_1^{10^5} + x_2^{10^5} \neq y^{10^5} \end{array} \qquad (3)$$

Apariția discontinuității este astfel confirmată. În lucrările clasice de specialitate se afirmă că nu este demonstrată valabilitatea generală a teoremei Fermat, dar nu este nici infirmată.*

ECUAȚIA LOCALĂ I

În legătură cu teorema Fermat opinăm următoarele:

— problema Fermat este în primul rînd forma relației (1) și apoi, rezolvarea ecuației;

— apare indicat ca atenția să fie concentrată la discontinuitate;

— o cale de abordare a teoremei se bazează pe omogenitatea termenilor (1) în privința naturii lor întregi.

Pentru generalizarea rezultatelor particulare trebuie sine qua non să se dispună de **CEVA NOU**, [6]. Prezența în (1) a sumei $x_1^m + x_2^m$ și discontinuitatea din (2), respectiv (3) sugerează să luăm în considerare dezvoltarea binomului $(x_1 + x_2)^m = x_1^m + x_2^m + \Sigma \frac{m!}{q!\ r!} \mathbf{x_1^q x_2^r}$ în care $q + r = m$; $q, r \in \mathbf{N}$; trebuie să se facă toate combinațiile posibile cu m, q și r.

Se remarcă următoarele în legătură cu dezvoltarea binomului:

$\mathbf{m = 1}$; nu intervine produsul $\mathbf{x_1 x_2}$;

$\mathbf{m = 2}$; intervine produsul $\mathbf{x_1 x_2}$, ambele simboluri avînd exponenți unitari;

$\mathbf{m \geqslant 3}$; intervine, de asemenea, produsul $\mathbf{x_1 x_2}$, dar exponenții au valori supraunitare totdeauna.

Deoarece teorema Fermat privește numai numerele întregi, se adoptă în baza celor de mai sus, conceptul **ECUAȚIE LOCALĂ** I, conform căreia natura variabilelor independente este

$$[x_1] = I \qquad [x_2] = I, \qquad (4)$$

iar natura variabilei dependente va fi

$$[y]_{m=1} = I \qquad [y]_{m \geqslant 2} = I^2; \qquad (5)$$

ecuația locală I fiind un concept nou trebuie, pe de o parte, să verificăm că nu afectează adevăruri cunoscute, iar pe de altă parte, că este fertilă pentru scopul propus prin această lucrare (generalizarea rezultatelor particulare). În relațiile (4) și (5) s-au folosit paranteze drepte, ca în fizică, întrucît ne referim tot la omogenitate.**

*) Perechea de numere pozitive, întregi x_1 și x_2 reunite prin adunare conduce la un alt număr natural y, ceea ce însemnează că ecuația $x_1 + x_2 = y$ admite totdeauna soluții întregi.

Relația $x_1^2 + x_2^2 = y^2$ exprimă teorema lui Pitagora și este satisfăcută de numerele calculate cu relațiile date de:

— Pitagora $x_1 = 2p^2 + 2p$; $x_2 = 2p + 1$; $y = 2p^2 + 2p + 1$;

— Gabriel Sudan $x_1 = p_1^2 - p_2^2$; $x_2 = 2p_1p_2$; $y = p_1^2 + p_2^2$;

— Platon $x_1 = p(p_1^2 - p_2^2)$; $x_2 = 2pp_1p_2$; $y = p(p_1^2 + p_2^2)$,

în funcție de numerele naturale arbitrare p, p_1 și p_2.

** Ecuațiile dimensionale ale mărimilor fizice se exprimă în mod similar; astfel de exemplu, forța $[F] = LMT^{-2}$ în funcție de mărimile fundamentale lungime, masă, timp.

TRATAREA OMOGENITĂȚII RELAȚIEI FERMAT

Omogenitatea în I a termenilor (1) se scrie, cel mai general, sub forma

$$[x_1^a]_I = [x_2^a]_I = [y^b]_I; \tag{6}$$

s-a luat în considerare simetria simbolurilor x în privința naturii lor întregi, afectîndu-se exponentul unic a (nu interesează aici valorile pe care pot să le ia variabilele x și y). Se atribuie exponentului m diverse valori; astfel:

m = 1; ecuația Fermat devine $x_1 + x_2 = y$ și admite totdeauna soluții întregi. Din (4), (5) și (6) rezultă ecuația $a = b$. Forma particulară a ecuației (1) conduce la soluția unică $a = b = 1$; această valoare este *pozitivă*, *întreagă*, *minimă* (în contextul ecuației $a = b$).

m = 2; ecuația Fermat ia forma $x_1^2 + x_2^2 = y^2$ și se știe că admite soluții întregi. Din (4), (5) și (6) rezultă ecuația $a = 2b$. Forma particulară a ecuației (1) conduce la soluția unică $a = 2$ și $b = 1$; aceste valori sînt tot *pozitive*, *întregi*, *minime* (în contextul ecuației $a = 2b$).

m = 3; ecuația Fermat ia forma $x_1^3 + x_2^3 \neq y^3$, deoarece nu admite soluții întregi. Tot din (4), (5) și (6) rezultă însă aceeași ecuație ca mai sus $a = 2b$; ca urmare, soluția unică este $a = 3$ și $b = \frac{3}{2}$, adică o rădăcină este *neminimă*, iar alta *neîntreagă*.

m = 4; în conformitate cu (3), ecuația Fermat este tot inegalitate $x_1^4 + x_2^4 \neq x^4$; ecuația $a = 2b$, care rămîne neschimbată, admite soluția unică $a = 4$ și $b = 2$, deci rădăcini *neminime*.

Din cazurile analizate rezultă că ecuațiile care exprimă condiția de omogenitate în I a termenilor din (1) au admis soluții *întregi*, *minime** în cazul ambelor egalități (3) și soluții *neminime* sau *neîntregi* în cazul primelor două inegalități (3).

Această concluzie își păstrează valabilitatea și în celelalte cazuri (3) demonstrate ca fiind inegalități; astfel:

$\mathbf{4 < m' < 10^5}$, unde $m = 2i + 1$, iar $i = 1; 2; 3; \ldots (m'$ impar); aceeași ecuație $a = 2b$ admite rădăcini exprimate prin valori *neminime* și *neîntregi*.

$\mathbf{4 < m' < 10^5}$, unde $m' = 2i$, iar $i = 1; 2; 3; \ldots$ (m' par); din nou, ecuația $a = 2b$ admite rădăcini exprimate prin valori *neminime*.

În cazul $\mathbf{m'' > 10^5}$ nu s-a demonstrat că ecuația (1) este inegalitate. Deoarece numerele $m'' > 10^5$ sînt numai impare sau pare, iar ecuația $a = 2b$ rămîne neschimbată, este evident că rădăcinile vor avea valori *neminime* sau *neîntregi*; ca urmare, și în acest caz ecuația (1) va fi inegalitate, adică

$$x_1^{m''} + x_2^{m''} \neq y^{m''} \tag{7}$$

Pe baza celor prezentate rezultă că marea teoremă Fermat este adevărată.

---

* Relațiile fizice care se stabilesc în analiza dimensională generală tot pe baza condiției de omogenitate au, de asemenea, exponenți pozitivi, întregi, minimi [7].

Bibliografie

[1] Ribenboim, P. *13 Lectures on Fermat's Last Theorem*. Springer Verlag, New-York Heidelberg Berlin, 1979.

[2] * * * *Mică enciclopedie matematică* (traducere din limba germană). Editura Tehnică, București, 1980.

[3] Postnikov, M. M. *Despre teorema lui Fermat* (traducere din limba rusă). Editura Didactică și Pedagogică, București, 1983.

[4] Peiulescu, V. *Teorema lui Fermat*. Editura Litera, București, 1975.

[5] Andonie, St. George, *Varia Mathematica*, ediția a II-a. Editura Albatros, București, 1977.

[6] Staicu, C. I. *Remarce asupra teoremelor Fermat-Euler*. In: Energetica, vol. 32, nr. 1, 1984, p. 46.

[7] Staicu, C. I. *Restricted and Gegeral Dimensional Analysis*. Editura Abacus Press, Tunbridge Wells, Kent, Anglia, 1982.

(Primit la 2 februarie 1984, acceptat la 25 ianuarie 1985)

CONSTANTIN LEU DINULESCU
1898—1985

S-a stins din viață, la 21 februarie 1985, inginerul Constantin Leu Dinulescu, unul dintre cei mai valoroși termoenergeticieni din țara noastră.

S-a născut la Fetești, la 25 octombrie 1898. A absolvit cu calificativul „excepțional" cursurile Școlii Politehnice din București.

Încă din primii ani ai activității inginerești a făcut dovada unei pregătiri profesionale de excepție, care aplicată în practică l-a făcut cunoscut și apreciat în ramura energetică.

Lucrînd în cadrul societății „Electrica" din Cîmpina a fost coordonatorul de specialitate al centralelor electrice Cîmpina, Florești, Gura Ocniței, Schitu Golești, Dobrești, Sinaia, care au constituit sursa principală de energie electrică, a unei importante zone industriale a țării.

Cu începere din anul 1953 a lucrat ca specialist în cadrul Ministerului Energiei Electrice, Intreprinderii pentru Raționalizarea și Modernizarea Instalațiilor Energetice (I.R.M.E.) și Institutului de Cercetări și Modernizări Energetice (ICEMENERG).

Competența profesională și experiența sa inginerească au fost valorificate și în calitatea de președinte al Consiliului Tehnico-Științific al Ministerului Energiei Electrice, specialitatea termoenergetică, în care a contribuit substanțial la promovarea unor soluții moderne pentru realizarea marilor obiective energetice.

A activat susținut în domeniul punerii în funcțiune a centralelor termoelectrice, printre care: Doicești, Paroșeni, Luduș, Işalnița, Brazi, Borzești și altele. Totodată și-a adus contribuția în activitatea de exploatare, neexistînd practic centrală termoelectrică care să nu fi beneficiat de experiența sa. În domeniul modernizărilor energetice a urmărit cu perseverență introducerea noului în tehnică. Ajutat de spiritul său inventiv a elaborat un mare număr de soluții originale, care au fost aplicate. A avut contribuții teoretice și practice deosebite în domeniul arderii combustibililor lichizi și gazoși, arzătoarele „sistem Dinulescu" fiind în funcțiune și astăzi.

A publicat numeroase articole în reviste de specialitate.

Cunoștințele și experiența sa au fost împărțite cu multă dăruire colegilor mai tineri, cu care a colaborat direct, cît și altora, prin intermediul cursurilor de perfecționare .

A fost un inginer îndrăgostit de meserie, căutînd să fie în permanență la curent cu tot ce este nou și valoros în tehnică. După ieșirea sa la pensie, în anul 1961, a mai lucrat încă 18 ani la IRME și ICEMENERG, cu aceeași dăruire și pasiune care îl caracterizau.

Activitatea sa a fost apreciată prin acordarea Ordinului Muncii și a altor distincții.

A fost un mare iubitor de naturii și al sportului, atrăgînd mulți colegi la drumeție, pe pîrtia de schi sau pe terenul de tenis.

Constantin Leu Dinulescu a fost un om de o probitate morală deosebită, însoțită de o mare sensibilitate sufletească. Muncea cu entuziasm și dăruire, era întotdeauna gata să ajute cu un sfat, o idee, o soluție. Comportamentul său prietenesc a fost un exemplu stimulativ, fiind un adevărat mentor pentru toți cei care au lucrat lîngă el.

Prin dispariția sa, tehnica românească pierde un mare specialist, unul dintre pionierii energeticii românești moderne, iar cei care l-au cunoscut pierd un om cu calități deosebite, un sfătuitor de neînlocuit.

SUMMARIES

LUCIA ROȘCA : Coal Burning Power Plants in the Present and Future of Romanian Energetics 97—99

DC : 621.311.87 : 662.046.2

DAMIAN GRECOV, ION DINA : Heat Transfer Modelling in Solid Fuel Boiler Furnaces (with a short presentation in English)

This paper presents the method for calculating the radiant heat transfer in the boiler furnaces, taking into account the flue gases recirculating factor, the fuel combustion rate, the thermal loading in the furnace and the experimental data obtained through isothermal modelling for the residence timae distribution of the fuel in the furnace.

[Energetica 33, (1985), nr. 3, p. 99—103]

DC : 621.311.87 : 536.46

TEODOR POPA : Approximate Calculation Method for the Brown Coal Flame Height (with a short presentation in English)

A calculation relation is presented for the brown coal flame height in jet burner furnaces admitting an exponential law for the burning with a constant appreciated on the basis of some experimental results published in several references.

[Energetica 33 (1985), nr. 3, p. 103—105]

DC : 621.311.22/23 : 621.311.18 : 662.61.002.5

ION MÜLLER, TUDOR CIORTAN : Burning Solid Pulverized Fuels in Cold Environments (ST-EN Process)

The studies concerning coal dust burning without hydrocarbons mainly in a cold environment, i.e. during boilers start-ups, have led to the manufacturing of specific treatment and burning facilities for applications in thermal and electric power plants.

In order to establish the burning process kinetics a mathematical model for the coal dust ignition, based on the geometrical burners modelling has been set up. The burners dynamics have been the result of cold state tests which have also been used for building pilot installations at a 1 : 1 scale ; they have been tested in a hot state on an experimental completely screened furnace.

The favourable results obtained during the burning of the two coal types (lignite and high grade brown coal) were considered as the basis for the industrial installation design and construction for a 100 t/h boiler at the Doicești thermal power plant.

[Energetica 33 (1985), nr. 3, p. 105—114]

DC : 621.311.22/23 : 622.334

VALENTINA BĂLAN, SILVIA PICU : Experimental Results Concerning the Upgrading of Romanian Bituminous Shales by Washing in Dense Media (with a short presentation in English)

The theoretical and experimental premises regarding the upgrading of bituminous shales of the Anina field by treatment tests in dense media are outlined, meant to increase the heat grade and to decrease the mine waste content.

The tests for washing the shales in dense medium with ferrosilicon on a 2 t/h installation are presented as well as the liquid solid balance of the preconcentration process.

The paper contains evaluations on the factors which influence the process as well as measures to be taken in order to increase the combustibles of the shales and the finely disseminated siderite content.

[Energetica 33 (1985), nr. 3, p. 114—119]

DC : 621.311.18 : 662.64/66

LUMINIȚA POPESCU, MIRCEA RĂDULESCU, CRISTIAN TOTOLO, LIVIU COSTEA, TEODOR POPA : Tests with the Lignites from the Sf. Gheorghe Field in a Semidirect Burning Scheme

The paper presents the tests carried out on the coal from a new coal field at Sf. Gheorghe characterized by a high humidity content of about 55% and thus a reduced heat output.

The results of burning tests in a semi-direct blast scheme have constituted the bases of boilers design which will use as a fuel the coal from this coal field.

[Energetica 33 (1985), nr. 3, p. 120—122]

DC : 621.311.18 : 662.613.5 : 662.99

ANTON ROȘU : Waste Heat Recovery from Flue Gases Discharged from Steam Boilers

For saving the fuel burnt in thermal power plants some measures to decrease heat losses in steam boilers are imposed in the first place. The paper presents the solutions to be used in order to decrease heat losses with the discharged flue gases.

[Energetica 33 (1985), nr. 3, p. 123—132]

ROUND TABLE 133—134

CHRONICS 135—137

POINTS OF VIEW

CONSTANTIN I. STAICU : The Generalization of the Conclusions to the Particular Demonstrations of Fermat's Theorem

At present only demonstrations for different particular cases of Fermat's Theorem are known ; the generalization of the unanimously accepted conclusions can be a way to approach this great theorem. To this purpose the homogeneity of the terms of Fermat's equation regarding the variable's wholeness is considered and a new concept is applied : the local equation I. This way proves the veracity of Fermat's theorem.

[Energetica 33 (1985), nr. 3, p. 138—140]

СОДЕРЖАНИЕ

ЛУЧИЯ РОШКА: Электрические станции, работающие на угле, в настоящем и будущем румынской энергетики 97—99

ДАМИАН ГРЕКОВ, ИОН ДИНА: Моделирование теплопередачи в топках котлов, работающих на твердом топливе (с представлением на английском языке) 99—103

ТЕОДОР ПОПА: Приблизительный метод расчета высоты пламени черного угля (с представлением на английском языке) 103—105

ИОН МЮЛЛЕР, ТУДОР ЧИОРТАН: Сжигание твердого топлива, распыляемого в холодной среде (метод ST—EN) 105—114

ВАЛЕНТИНА БЭЛАН, СИЛЬВИЯ ПИКУ: Опытное испытание, касающееся улучшения румынских битуминозных сланцев путем их промывки в плотной среде (с представлением в плотной среде) 114—119

ЛИВИУ КОСТЯ, ТЕОДОР ПОПА, ЛУМИНИЦА ПОПЕСКУ, МИРЧЕА РЭДУЛЕСКУ, КРИСТИАН ТОТОЛО: Испытание лигнитов с повышенной влажностью в бассейне Св. Георге 120—122

АНТОН РОШУ: Рекуперация остаточного тепла отходящих газов, выделяемых из паровых котлов (документальный ситез) 123—132

ДИСКУССИЯ 133—134

ХРОНИКА 135—137

ТОЧКИ ЗРЕНИЯ

КОНСТАНТИН И. СТАЙКУ: Обобщение выводов частных представлений теоремы Fermat 138—140

INHALTSVERZEICHNIS

LUCIA ROŞCA : Die kohlebefeuerten Kraftwerke in der Gegenwart und Zukunft der rumänischen Energiewirtschaft 97—99

DAMIAN GRECOV, ION DINA : Die Modellierung des Wärmedurchgangs in den festbrennstoffbefeuerten Kesselfeuerungen (mit einer Kurzfassung in Englisch) 99—103

TEODOR POPA : Eine Annäherungsberechnungsmethode der Höhe einer Braunkohleflamme (mit einer Kurzfassung in Englisch) 103—105

ION MÜLLER, TUDOR CIORTAN : Die Verbrennung pulverförmiger Festbrennstoffe in kalter Luft (der St-EN Prozess) 105—114

VALENTINA BĂLAN, SILVIA PICU : Experimentelle Forschung zur Verbesserung der rumänischen Ölschiefer durch Waschen in dichten Medien (mit einer Kurzfassung in Englisch) 114—119

LIVIU COSTEA, TEODOR POPA, LUMINIŢA POPESCU, MIRCEA RĂDULESCU, CRISTIAN TOTOLO : Versuche durchgeführt mit hochfeuchter Lignitkohle aus dem Lager Sf. Gheorghe 120—122

ANTON ROŞU : Die Rückgewinnung der Restwärme aus den Rauchgasen der Dampfkessel 123—132

AM RUNDEN TISCH 133—134

CHRONIK 135—137

GESICHTSPUNKTE

CONSTANTIN I. STAICU : Die Verallgemeinerung der Schlussfolgerungen der vereinzelten Demonstrationen der Theorie von Fermat 138—140

SOMMAIRE

LUCIA ROŞCA : Les centrales électriques à charbon à présent et dans le futur de l'énergétique roumaine 97—99

DAMIAN GRECOV, ION DINA : La simulation du transfert de la chaleur dans les foyers des chaudiéres á combustibles solides (avec résumé en anglais) 99—103

TEODOR POPA : Une méthode approximative de calcul de la hauteur de la flamme du charbon brun (avec résumé en anglais). 103—105

ION MÜLLER, TUDOR CIORTAN : La combustion des combustibles solides pulverisés dans un milieu froid (le procédé ST-EN) 105—114

VALENTINA BĂLAN, SILVIA PICU : Recherche expérimentale concernant l'amélioration des schistes bitumineux roumains par lavage dans milieux denses (avec résumé en anglais) 114—119

LIVIU COSTEA, LUMINIŢA POPESCU, TEODOR POPA, MIRCEA RĂDULESCU, CRISTIAN TOLOTO : Expérimentation des lignites à humidité élevée du bassin Sf. Gheorghe 120—122

ANTON ROŞU : Récupération de la chaleur résiduelle des gaz de combustion évacués des chaudières à vapeur 123—132

TABLE RONDE 133—134

CHRONIQUE 135—137

POINTS DE VUE

CONSTANTIN I. STAICU : Généralisation des conclusions des démonstrations particulaires du théorème Fermat 138—140

COLEGIUL DE REDACȚIE : dr. ing. Călin Mihăileanu (redactor responsabil), dr. ing. Nicolae Armencoiu (redactor responsabil adjunct), dr. ing. Gheorghe Bălan (redactor responsabil adjunct), dr. ing. Eugeniu Pavel (secretar de redacție). MEMBRI : ing. Paul Cartianu, dr. ing. Jean Constantinescu, conf. dr. ing. Silviu Darie, dr. ing. Mario Duma, dr. ing. Alexandru Florescu, ing. Horia Furtunescu, ing. Nicolae Georgian, ing. Dan Iosifescu. dr. ing. Gheorghe Luca, dr. ing. George Manolescu. dr.chim. Maria Maftei, ing. Ion Măiereanu, conf. dr. ing. Costin Moțoiu, prof. dr. ing. Viorel Negru, ing. Nicolae Niculescu, ing. Mihai Nistor, dr. ing. Teodor Popa, prof. dr. ing. Alexandru Poeată, ing. Miron Popescu, dr. ing. Victor Romert, conf. dr. ing. Alexandru Selischi, ing. Romulus Sfichi, ec. Gheorghe Ursache, ing. Romeo Zbarcea,

Revista ENERGETICA este editată și administrată de Institutul de Cercetări și Modernizări Energetice prin Oficiul de Informare Documentară pentru Energetică. Vasile Pleșca — șef O.I.D.E., Ana Maria Chivu — redactor.

Revista ENERGETICA este publicație lunară devotată preocupărilor spirituale și realizărilor materiale în domeniul energeticii.

În revista ENERGETICA se publică :

Articole

Informații referitoare la : publicații recente (cărți, reviste), noutăți științifice și tehnice, invenții și inovații, experiență de exploatare, realizări tehnice remarcabile, manifestări tehnico-științifice naționale și internaționale (congrese, conferințe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse : cronici, recenzii, discuții la articole publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuțiilor în jurul meselor rotunde.

Instituțiile pot achita abonamentele în contul de virament 30.11.8.01.01 — BN R.S.R., fil sector 3. Costul unui abonament anual : 144 lei ; costul unui exemplar : 12 lei.

ANNOUNCEMENTS FOR READERS ABROAD

- The review "Energetica" can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages
- The review "Energetica" proposes a publication exchange with similar reviews and in relating fields
- The review "Energetica" provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well
- The review "Energetica" publishes on request from authors abroad reports on energy or other materials : technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia, etc. written in one of the worldwide spoken languages
- Readers from broad can subscribe through : ROMPRESFILATELIA — Sectorul export-import presă, P.O. Box 12—201, telex 10376 prsfir., București, Calea Griviței nr. 64—66.

Redacția și administrația : București 79619, Bd. Energeticienilor nr. 8, sect. 3 Telefon : 20.67.30., 21.46.30.

Tiparul : Intreprinderea Poligrafică „INFORMAȚIA", București, str. Brezoianu nr. 23—25, c. 1071

INSTITUTUL DE CERCETĂRI ŞI MODERNIZĂRI ENERGETICE

ATENUATOARE DE ZGOMOT PENTRU ESAPARILE DE ABUR IN ATMOSFERA

ICEMENERG-SSPMT realizează atenuatoare pentru eşapările de abur cu debite pînă la 700 t/h.

Atenuatoarele sînt destinate reducerii nivelului de zgomot generat de eşaparea aburului de către supapele de siguranţă ale cazanelor care, în condiţii normale, atinge 150-160 dB, depăşind cu mult nivelul admis de normele în vigoare.

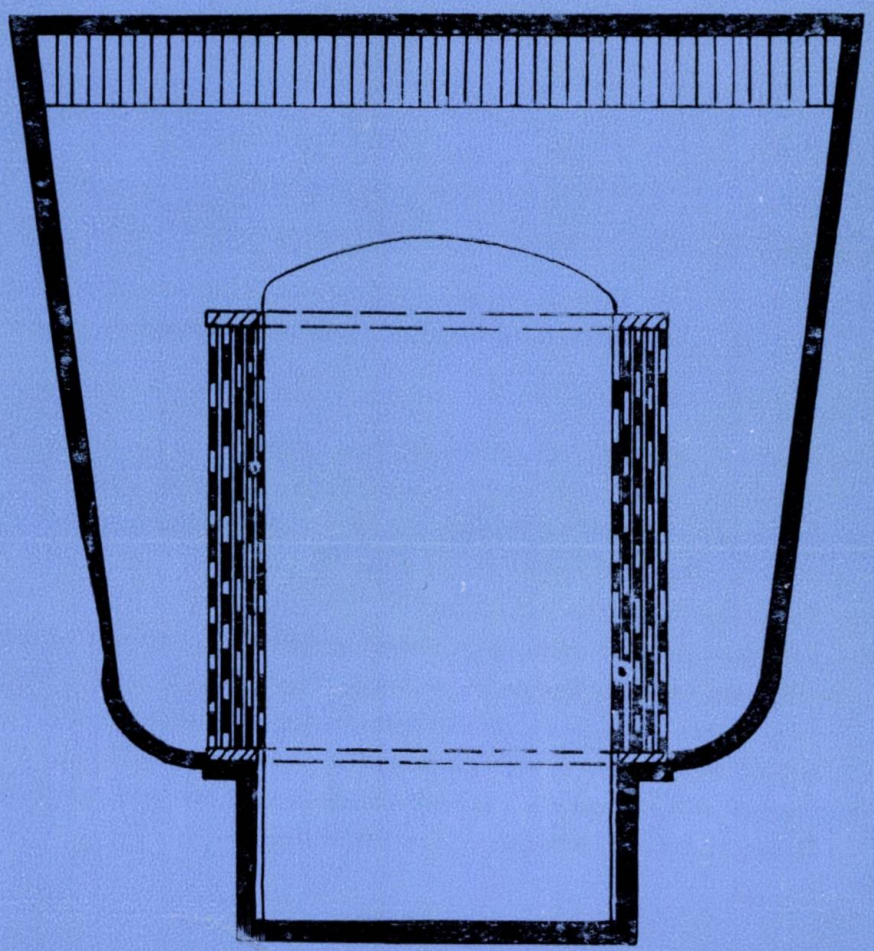
Eficienţa atenuatoarelor, realizate de ICEMENERG, este de minimum 65 dBA.

Atenuatorul este construit din materiale rezistente la coroziune ;

iar montarea este prevăzută cu un drenaj pentru evacuarea condensului.

Căderea de presiune pe atenuator este astfel orientată încît nu modifică funcţionarea supapei, menţinîndu-se caracteristica de debit.

Greutatea maximă a unui atenuator este de 5 t, iar forţa de şoc care apare nu periclitează cu nimic siguranţa în funcţionare.

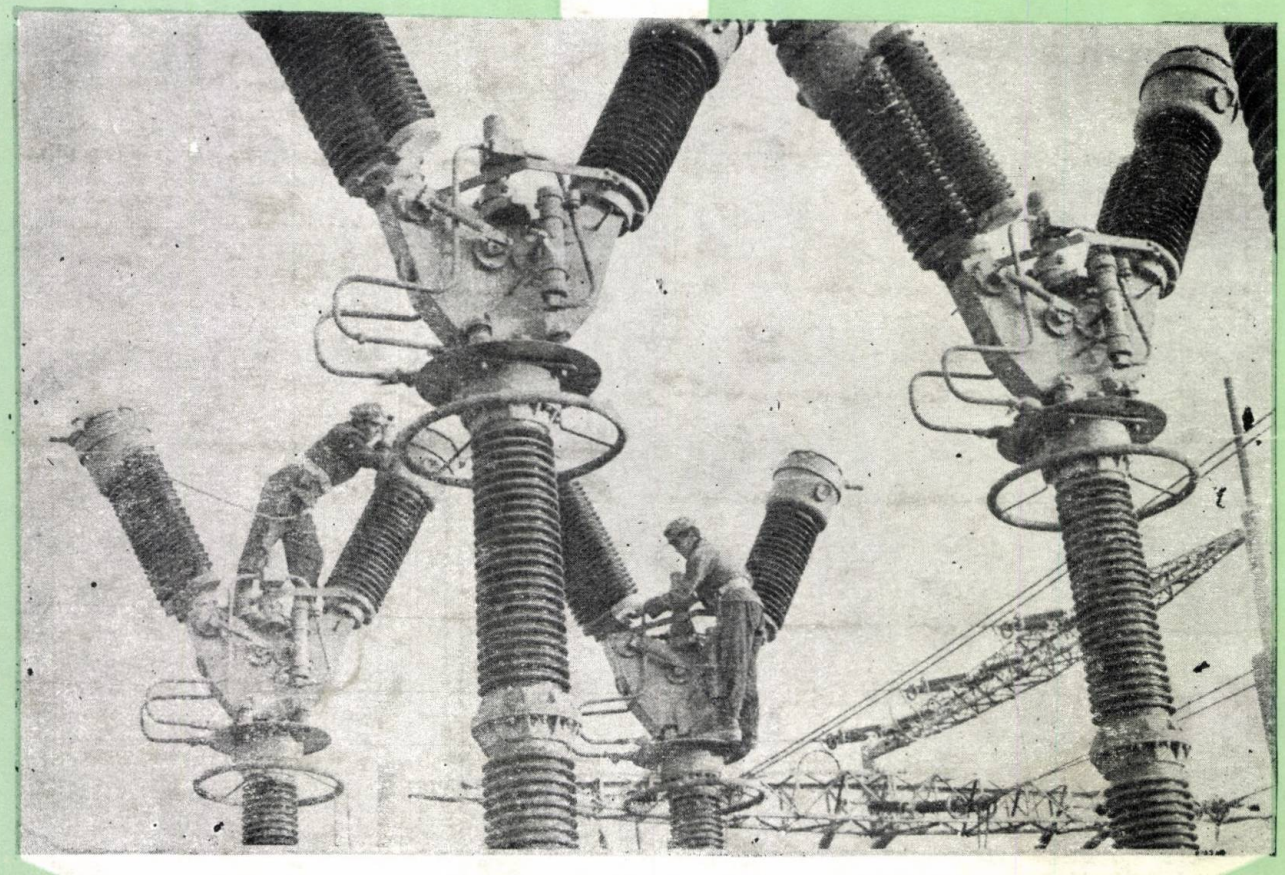


ROMELECTRO

FOREIGN TRADE COMPANY

1, Lacul Tei Blvd.
Bucharest, ROMANIA
P.O. Box 1-736
Cable : ROMELECTRO Bucharest
Telex : 10449 roel r
Phone : 10. 33. 25 ; 10. 25. 35

GENERAL CONTRACTOR ● POWER PROJECTS ● CONSULTING ● ENGINEERING ● EXPORT ● IMPORT



Romelectro Foreign Trade Company carries out services in the power field ranging from studies and designs up to projects commissioning.

Exports

- **Studies, designs, technic assistance, experts' accounts in the power field as well as other specific engineering jobs ;**
- **Transformer and distribution substations and points ;**
- **High, medium and low voltage lines ;**
- **Rural electrification equipment ;**
- **Erection and assembling of power projects carried out abroad for thermo and hydropower stations, special civil works (cooling towers chimneys), dams, hydrotechnical constructions etc., export and transit of electric power ;**
- **Towers and fittings for the high, medium and low voltage lines ;**
- **Urban transport networks for trolley-buses.**

E 20.39 Energia

MW 4

Număr special

1985 JUL 23

REFERALVA

100 de ani de energetică românească

Cuprinsul

MARIA MAFTEI: Chimia în energetică, direcții prioritare, aport, perspectivă 145

TRATAREA APEI

LOUIS STANISAVLIEVICI: Probleme ale preparării apei pentru industrie 146
MARIA MAFTEI, ALICE-ANCA COCOȘ: Tehnologia de condiționare a apelor din circuitele de răcire ale condensatoarelor 150
ALEXANDRU TURASY: Regimul chimic la cazanele de 1035 t/h 151
ANCA NICULESCU: Probleme chimice apărute la omologarea cazanului de 420 t/h pe lignit 152
LUCIAN NEGULESCU, MIHAIL CECLAN, RODICA CECLAN: Model de calcul pentru stabilirea tehnologiei de tratare a apei în centrale termice industriale 153
ELENA CHIRICA, MIHAI CHIRICA: Dependența siguranței în funcționare a turbinelor cu parametri supracritici de calitatea aburului 158
NICOLAE NINĂ: Probleme de chimie actuale și de perspectivă în proiectarea centralelor termoelectrice 159

CALITATEA COMBUSTIBILILOR

MARIA MAFTEI, CONSTANTIN CUIBAC-PICU, VICTORIA DĂNEȚ: Instalația pilot pentru îmbogățirea lignitului de la CTE Rovinari 161
IOANA GOLEȘTEANU: Viteza de ardere a reziduului carbonos cu aplicație la șistul bituminos de Anina 163
ELENA SĂNDULESCU, CONSTANTIN SPĂTARU: Considerații asupra unor factori de influență în determinarea rapidă în flux a puterii calorifice inferioare a lignitilor prin metoda radiometrică 166
IOAN IFRIM: Determinarea continuă a puterii calorifice a gazelor combustibile 171

CALITATEA ULEIURILOR

ȘTEFAN PANȚU: Utilizarea lubrifianților greu inflamabili 172
ALEXANDRA POPESCU: Realizarea în țară a uleiurilor electroizolante aditivate 173

COMBATEREA COROZIUNII

ALICE-ANCA COCOȘ: Procedeu privind pasivarea inițială a țevilor de alamă ale condensatoarelor de abur 176
FLORINA VASILE: Metode de conservare a cazanelor de 1035 t/h în perioadele de oprire mai mari de 15 zile 177

CHIMIA IN CENTRALELE NUCLEARE

MIHAI CHIRICA: Probleme de natură chimică la punerea în funcțiune a centralei nuclearo-electrice. Partea clasică 179

ASIMILĂRI DE MATERIALE NOI

LELIAN CIOROIANU: Soluție ignifugă pentru protejarea cablurilor electrice APSA—C 180
VIRGINIA MUNTEANU: Inhibitor de coroziune pentru spălări acide de punere în funcțiune — TRIAV—M 182
GABRIELA CIOROIANU, RODICA CORNEA: Material termoizolant pentru izolația termică a coșurilor de fum din centrale termoelectrice 183
MARIANA HORCHI: Compound de etanșare PAV—H pentru etanșarea generatoarelor electrice 185

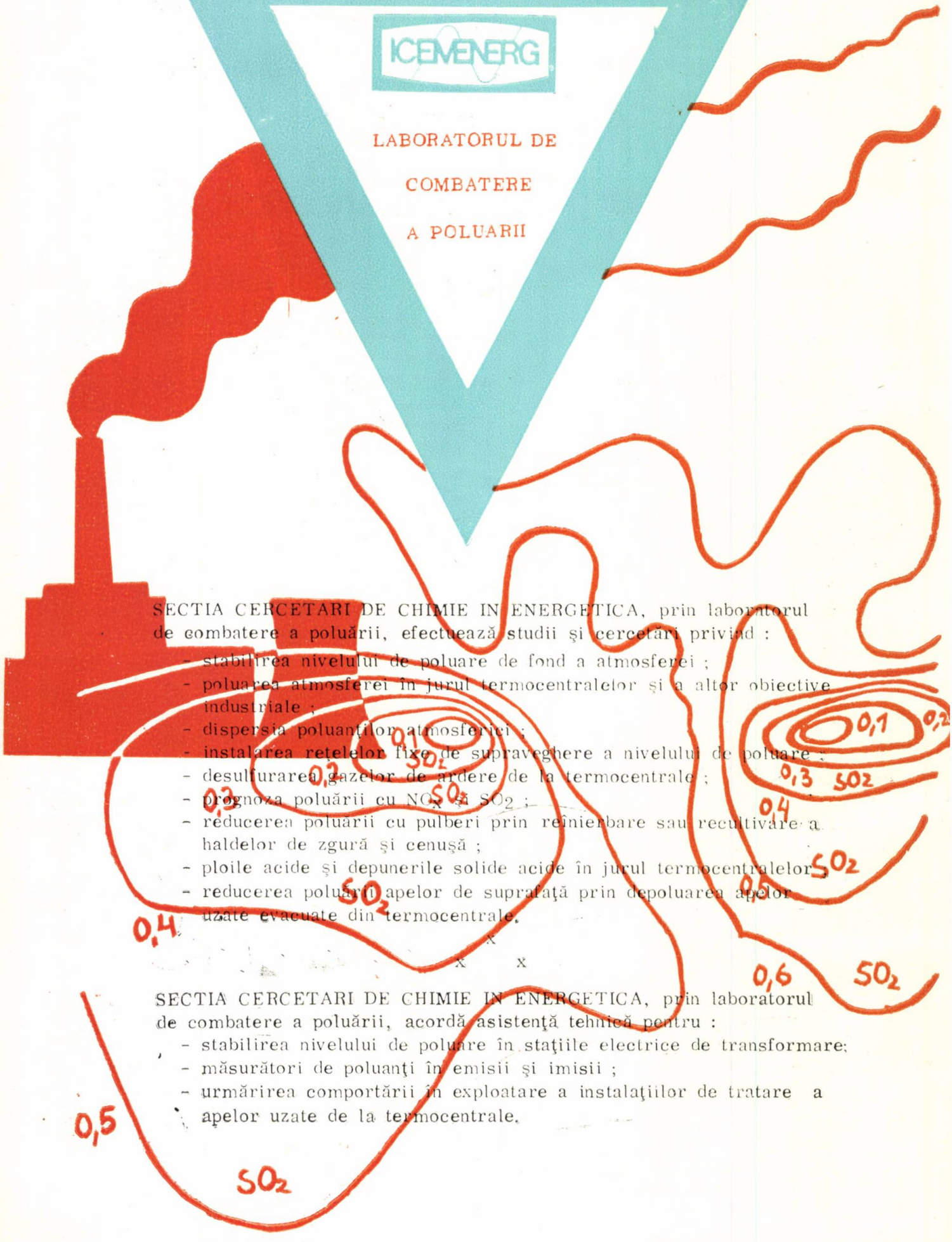
CRONICĂ 186

VOLUMUL XXXIII
BUCUREȘTI
APRILIE 1985

energetica

ICEMENERG

LABORATORUL DE COMBATERE A POLUARII



SECTIA CERCETARI DE CHIMIE IN ENERGETICA, prin laboratorul de combatere a poluării, efectuează studii şi cercetări privind :

- stabilirea nivelului de poluare de fond a atmosferei ;
- poluarea atmosferei în jurul termocentralelor şi a altor obiective industriale ;
- dispersia poluanţilor atmosferici ;
- instalarea reţelelor fixe de supraveghere a nivelului de poluare ;
- desulfurarea gazelor de ardere de la termocentrale ;
- prognoza poluării cu NO_x şi SO_2 ;
- reducerea poluării cu pulberi prin reţinerbare sau recultivare a haldelor de zgură şi cenuşă ;
- ploile acide şi depunerile solide acide în jurul termocentralelor ;
- reducerea poluării apelor de suprafaţă prin depoluarea apelor uzate evacuate din termocentrale.

x x x

SECTIA CERCETARI DE CHIMIE IN ENERGETICA, prin laboratorul de combatere a poluării, acordă asistenţă tehnică pentru :

- stabilirea nivelului de poluare în staţiile electrice de transformare;
- măsurători de poluanţi în emisii şi imisii ;
- urmărirea comportării în exploatare a instalaţiilor de tratare a apelor uzate de la termocentrale.

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

ANUL 33 Nr. 4 aprilie 1985

Chimia în energetică, direcţii prioritare, aport, perspective

Cu prilejul centenarului energeticii româneşti ne propunem să dezbatem problemele majore ale industriei energiei electrice la noi în ţară. De aceea se cuvine să ne oprim puţin asupra unei ramuri a energeticii moderne, chimia în energetică.

Înainte de anul 1950, cunoscută aproape numai de specialişti şi solicitată puţin de necesităţile energetice ale vremii, chimia în energetică însemna tratarea apei pentru cazane mici prin procedee ca „var şi sodă" şi altele asemănătoare ca nivel tehnic, analize chimice de apă, uleiuri, gaze şi cărbuni.

După lansarea primului plan de electrificare a României, pentru perioada 1950—1960, marile centrale hidro şi termoelectrice începeau să apară în stadiu de proiect iar, chimia în energetică a fost chemată să rezolve numeroase probleme legate de proiectarea, apoi construirea, punerea în funcţiune şi exploatarea acestor obiective energetice.

De atunci şi pînă în prezent, strîns legată de dezvoltarea energetică a ţării, chimia în energetică a cunoscut o evoluţie exponenţială.

Între direcţiile principale în care această activitate îşi aduce contribuţia se situează tratarea apei şi a condensatului pentru cazanele de debite, temperaturi şi presiuni ridicate, condiţionarea apei din circuitele de răcire pentru menţinerea schimbului de căldură la condensatoarele turbinelor, calitatea combustibililor cu destinaţie energetică şi tehnologii de preparare în vederea creşterii conţinutului caloric al cărbunilor şi şisturilor bituminoase, calitatea uleiurilor de turbină şi electroizolante şi procedee tehnologice pentru regenerare, combaterea coroziunii pe circuitele apă-abur ale blocurilor energetice şi de asemenea pe parte de combustibil, la suprafeţele de schimb de căldură în cazul arderii unor combustibili lichizi bogaţi în sulf, protecţii anticorosive la materialele de construcţie şi căptuşirea coşurilor de fum din beton armat şi a canalelor de gaze de ardere, curăţirea chimică a cazanelor la punerea în funcţiune şi tehnologii de conservare chimică la opriri de lungă durată, combaterea poluării atmosferei în zonele centralelor termoelectrice şi a emisarilor în care sînt deversate apele uzate, elaborarea de metode de analiză chimică şi de condiţii tehnice de calitate, standarde şi prescripţii de chimie în energetică, asimilări de materiale noi necesare în centralele electrice, cum sînt garniturile din cauciuc pentru diferite utilizări, adezivi, vopsea ignifugă pentru cablurile electrice, compound de etanşare a scuturilor turbogeneratoarelor de 330 MW, materiale termoizolante pentru coşurile de fum, cuple elastice pentru ventilatoare de gaze arse, membrane pentru acţionări pneumatice, inhibitori de coroziune pentru cazanele de abur şi circuitele de răcire, paste de durificare a suprafeţelor ciocanelor de la morile de cărbune şi microproducţia materialelor asimilate, pentru satisfacerea necesităţilor sistemului energetic.

Toate aceste contribuţii ale chimiei în energetică la funcţionarea SEN reprezintă rodul activităţii chimiştilor, operatorilor chimişti, tehnicienilor şi laboranţilor angrenaţi în cercetarea, proiectarea şi exploatarea unităţilor energetice din cadrul M.E.E. care, şi ei, au avut o evoluţie însemnată ,cantitativ şi calitativ, în ultimele trei decenii. În prezent, în acest domeniu muncesc peste 1200 lucrători.

În anii următori sînt prevăzute a fi realizate în România importante obiective în vederea asigurării independenţei energetice a ţării. În corelare cu acestea chimia în energetică va trebui să se dezvolte în continuare, mărindu-şi aportul în direcţii prioritare prin tehnologii moderne cu eficienţă tehnică ridicată şi consumuri specifice reduse.

Activitatea principală de perspectivă va fi îndreptată spre chimia în centralele nucleare, introducerea unor tehnologii simplificate şi nepoluante pentru tratarea apei în centralele clasice, extinderea aplicării calculatoarelor în procesele chimice, prepararea combustibililor inferiori în scopul îmbunătăţirii calităţii, realizarea de sorturi de uleiuri greu inflamabile, elaborarea

de tehnologii simple și eficiente pentru protecția anticorosivă a utilajelor atît în timpul funcționării, cît și la opriri de durată, extinderea gamei de asimilări materiale noi în vederea reducerii importurilor ș.a.

În exploatarea instalațiilor de tratarea apei din CTE și în general a secțiilor chimice din centralele electrice va trebui intensificată activitatea în vederea reducerii consumurilor de reactivi, apă, schimbători de ioni și în vederea îmbunătățirii întreținerii aparaturii și instalațiilor din laboratoare și secții, astfel încît aportul chimiei în energetică la dezvoltarea sistemului să crească simțitor.

Și pentru că în acest an aniversăm centenarul energeticii românești se cuvine să subliniem prețuirea noastră pentru înaintașii și precursorii specialiști din domeniul chimiei în energetica românească, dintre care trebuie să remarcăm pe dr. ing. Louis Stanisavlievici, îndrumătorul a multe generații de chimiști din industria energiei electrice, care și-a dăruit întreaga capacitate profesională și putere de muncă de-a lungul a peste o jumătate de veac pentru dezvoltarea chimiei în energetică.

Dr. chim. Maria Maftei

Tratarea apei

Probleme ale preparării apei pentru industrie

Ing. Louis Stanisavlievici

Descriptori: CET, pretratare apă

Poluarea generală și continuă a surselor de apă pentru industrie și performanțele cerute generatoarelor de abur impun, ca treaptă inițială a pregătirii apei, o pretratare rațională eficientă.

Rolul important pe care l-a asumat necesită abordarea riguroasă a tuturor aspectelor, tehnice și economice pe care le ridică.

Pretratarea — executată la temperatura ambiantă — are sarcina de a elimina din apă unele impurități de natură anorganică și toate substanțele organice ionogene și, mai ales, neionogene, pe care le conține ca urmare a deversărilor industriale și urbane. Astfel este asigurată exploatarea corectă a liniilor de demineralizare și, mai ales, funcționarea fără neajunsuri pe partea de apă, a generatoarelor de abur, extrem de pretențioase în ceea ce privește „calitatea" apei de alimentare.

În general, se aplică procedee fizico-chimice: flocularea și „decarbonatarea" cuplate. Tehnologia este cunoscută, dar împletirea considerentelor tehnice și economice ridică unele controverse, în care rutina se înfruntă cu exigențele impuse de echipamentul termomecanic actual.

Unele dintre probleme legate de metodologia pretratării apei vor fi expuse în cele ce urmează.

Pentru apa destinată circuitelor de răcire industriale rămîn valabile, în general, considerentele de bază ale pretratării apei pentru generatoarele de abur, adaptate însă condițiilor specifice, în special în ceea ce privește alcalinitatea apei pretratate, care impune o calitate corespunzătoare a alamei pentru țevile schimbătoarelor de căldură.

1. Flocularea

În discuție vor fi două probleme:

— oportunitatea folosirii sulfatului de aluminiu (singur sau în amestec cu alți compuși anorganici) ca agent floculant;

— folosirea sulfatului feros, în locul sulfatului feric, mai scump, dar considerat mai eficient.

1.1. Folosirea sulfatului de aluminiu

Determinante sînt stările pe care le parcurge ionul aluminiu funcție de valoarea pH a soluției, în cursul pretratării și repercusiunea eventuală asupra schimbătorilor de ioni din linia de demineralizare. Tabelul 1 prezintă aceste stări.

În comparație cu hidroxidul de aluminiu, solubilitatea aluminaților este mult mai mare [1]. Prin hidroliza sulfatului de aluminiu apar $Al(OH)_3$ și H_2SO_4; soluția ia un caracter acid, iar hidroliza este stopată la un moment dat. Neutralizarea acidului format poate avea loc prin bicarbonații conținuți în apă; teoretic este nevoie pentru un adaos de circa 78 g sulfat de aluminiu tehnic pur $[Al_2(SO_4)_3 \cdot 18\,aq]$ la 1 m^3 apă, de circa 57 g bicarbonat de calciu, ceea ce corespunde la circa 2° duritate temporară.

Tabelul 1

Stările ionului Al^{3+} funcție de valoarea pH a soluției

pH	3~4	4~6	6,7~7	7~10,5	>10,5
Starea	cationi Al^{3+}	formarea gelului $Al(OH)_3$	punct izoelectric $[Al^{3+}] = [OH^-]$	formarea de ioni aluminat	ioni aluminat $[Al(OH)_4]^-$ $[Al(OH)_5]^{2-}$ $[Al(OH)_6]^{3-}$

Hidroliza sulfatului de aluminiu mai este frînată în desfășurarea sa de o serie de factori externi, cum ar fi natura și concentrația impurităților din apă. Apare nevoia stimulării sale printr-un adaos de hidroxid de calciu în soluție. Prin acesta se realizează totodată și decarbonatarea apei.

În mediul alcalin astfel creat pot apărea ioni aluminat, a căror eliminare revine liniei de demineralizare prin schimbători de ioni, pînă la valori de micrograme/kg, (sau ppb), similar cu condițiile impuse pentru silice, în apa de alimentare a generatoarelor de presiune înaltă.

Pentru linia de demineralizare pot apărea astfel anumite implicații care nu trebuie pierdute din vedere. Apa pretratată fiind decarbonatată — chiar dacă numai parțial — folosirea schimbătorilor cationici carboxilici, cu avantajele lor economice, nu mai este rațională. Funcționarea corectă a schimbătorilor cationici sulfonici poate fi însă dereglată. Dacă influentul acestor filtre prezintă un caracter alcalin, floculantul prezent poate apărea ca gel : $Al(OH)_3$. Cu timpul, gelul blochează mecanic straturile superioare ale schimbătorului cationic, care nu mai participă la schimbul ionic. Pe lîngă aceasta, la valori $pH \geqslant 9$ ale apei, capacitatea de reținere a schimbătorului se micșorează [2]. În asemenea situație linia de demineralizare trebuie completată cu un filtru ionic cu pat mixt, iar controlul analitic al apei efluente extins și asupra „scăpărilor" de cationi Al^{3+}.

Chiar față de un avantaj economic aparent, folosirea sulfatului de aluminiu ca floculant nu este indicată pentru pretratarea apei destinate alimentării generatoarelor de abur de performanțe înalte. Domeniul său de folosire se limitează la tratarea apei de răcire industrială și a apei pentru consumul uman.

1.2. Folosirea sulfatului feros

În practica floculării apei au preferință aproape generală sărurile ferice (sulfat, clorură) considerate mai eficiente decît sărurile feroase, hidroliza lor fiind mai activă.

În condiții similare de interferență a impurităților din apă, a concepției ,execuției și exploatării instalației de pretratare, se obțin rezultate satisfăcătoare lucrînd cu sulfatul feros ca agent de floculare. Aceste rezultate sînt justificate și din punct de vedere teoretic : conținutul în Fe al celor doi sulfați — $FeSO_4 \cdot 7aq$. și $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9$ aq. — este același : circa 20%; cantitatea de gel hidroxid format prin hidroliza totală raportat la masa moleculară este și ea aceeași : circa 38%.

La un dozaj de 25 g sulfat feros/m^3 apă de tratat este nevoie teoretic de 0,5° duritate temporară pentru neutralizarea acidității eliberate prin hidroliză. În apele naturale această duritate este totdeauna asigurată. Comparativ, la dozaje uzuale de sulfat feric — circa 50 g/m^3 apă — este nevoie teoretic tot de 0,5° duritate temporară pentru neutralizarea acidității.

Adaosul de hidroxid de calciu are un dublu rol : stimulează flocularea prin accelerarea neutralizării acidului format din hidroliză; se combină chimic cu bicarbonații de calciu și de magneziu („decarbonatare"). Rezultatele favorabile ale floculării apei depind însă și de gradul de tehnicitate al instalației de pretratare.

În soluția aerată are loc oxidarea ionului Fe^{2+} la ion Fe^{3+} :

$$Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^-.$$

Captatorul de electroni este oxigenul dizolvat în mod natural în apă :

$$O_2 + 2\,HOH + 4e^- \rightarrow 4OH^-$$

Schematic, reacția este :

$$4Fe(OH)_2 + 4\,OH^- \rightarrow 4\,Fe(OH)_3.$$

Agentul activ de floculare este de fapt tot $Fe(OH)_3$.

Oxidarea decurge cu viteză satisfăcătoare dacă apa de tratat și soluțiile de floculant și de hidroxid de calciu sînt amestecate energic, iar pH-ul mediului este >8. Hidroxidul feros format inițial asigură alcalinitatea necesară; la 25°C solubilitatea sa corespunde la circa $1{,}36 \cdot 10^{-5}$ mol/kg, respectiv 1,32 mg/kg apă, determinînd în soluție un $pH \approx 9{,}48$. Pe măsura oxidării ionului Fe^{2+} la ion Fe^{3+} valoarea pH a soluției scade, deoarece solubilitatea hidroxidului feric, de ordinul 10^{-7} mol/kg apă [1] nu poate asigura practic nici un aport de ioni OH^- ,hidroliza și oxidarea fiind stopate. În această fază adaosul de $Ca(OH)_2$ creează condițiile necesare floculării.

Pentru oxidarea ionilor Fe^{2+} din 1 mg $FeSO_4 \cdot 7aq$ sînt necesare teoretic 0,03 mg O_2; chiar la dozaje mari de sulfat feros, impuse de impurificarea apei, oxigenul dizolvat în mod normal în apele naturale satisface această condiție (fig. 1).

Amestecarea intensă a soluțiilor în prezență, amintită mai sus, trebuie să permită aglomerarea microflocoanelor și să evite sfărîmarea macroflocoanelor care s-au putut forma. Aceasta este o problemă de ordin constructiv al instalației de pretratare a apei.

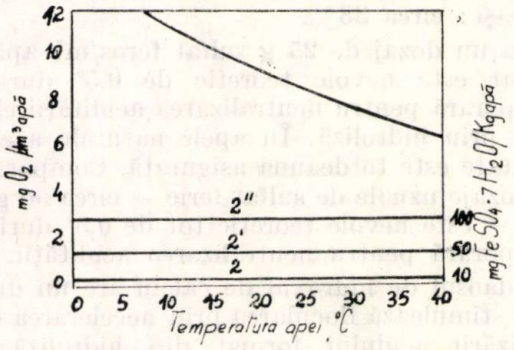


Fig. 1. Necesarul teoretic de oxigen pentru oxidarea ionului Fe^{2+} la Fe^{3+} : 1 — solubilitatea oxigenului în apă funcție de temperatură: 5°C — 12,5 mgO_2/l; 10°C — 11,4 mgO_2/l; 20°C — 9,3 mgO_2/l; 30°C — 7,8 mgO_2/l; 40°C — 6,4 mgO_2/l; 2,2', 2'' — necesarul teoretic de oxigen pentru oxidarea ionului Fe^{2+} la Fe^{3+}.

2. Decarbonatarea

Termenul, deși impropriu, este folosit curent în tehnologia pretratării apei; el se referă la eliminarea parțială sau totală a bicarbonaților de calciu și de magneziu (respectiv și de sodiu) din apă, indiferent de metoda aplicată. Decarbonatarea apei prin metoda chimică — cu hidroxid de calciu — este de regulă cuplată cu flocularea.

Controlul și conducerea procesului se bazează pe determinarea în efluent a valorilor de alcalinitate p și m și pe interpretarea acestora. De fapt ele corespund unei diversități de combinații chimice dizolvate în apă, dar în practică se iau în considerare numai relațiile care se stabilesc între cationii Ca^{2+} și Mg^{2+} și anionii OH^-, CO_3^{2-} și HCO_3^-.

Determinarea valorii pH în efluent, în locul metodei amintite mai sus prezintă avantajul posibilității automatizării și al unei precizii mai mari. Se va analiza această posibilitate, în raport cu situațiile caracteristice care se pot ivi în practică.

2.1. Dozaj teoretic necesar de hidroxid de calciu

Este un caz de referință, care nu este realizat în mod deliberat, dar care poate apărea în practică.

În efluent se stabilesc, în acest caz, următoarele relații între valorile p și m :

alcalinitate $p = [OH^-]$;

alcalinitate $m = [OH^-] + [CO_3^{2-}]$ + eventual $[HCO_3^-]$.

Cu rezervele exprimate, mai contribuie cu ioni OH^- numai combinațiile chimice ale magneziului din apă, care sînt transformate în $Mg(OH)_2$.

Teoretic, prezența simultană a anionilor OH^- și HCO_3^- este incompatibilă; în practică, la temperaturi ambiante, ea trebuie admisă, avînd însă un caracter instabil. În problematica de care ne ocupăm implicațiile sînt însă nule.

Limitele de solubilitate pentru $Mg(OH)_2$ sînt date în tabelul 2 pentru temperatura ambiantă. Apele naturale din regiunile temperate au o „duritate de magneziu" mai mică decît aceea de calciu. La 20°C limita de solubilitate a compusului $Mg(OH)_2$ — corespunzătoare la 0,81 duritate — impune o valoare $pH = 10{,}16$. La conținuturi mai mici de magneziu în apă, valoarea pH a efluentului va fi mai mică, de exemplu, la 0,56° duritate corespunde, la 20°C, un $pH = 10$.

Controlul analitic, periodic, al apei brute va verifica datele obținute în exploatare.

Tabelul 2

Limitele de solubilitate ale $Mg(OH)_2$ la diferite temperaturi

Valori	Temperatura apei, °C					
	5	10	15	20	30	40
mg/kg	9,6	9,2	8,8	8,5	7,6	7,0
mval/kg	0,33	0,32	0,30	0,29	0,26	0,24
°d	0,92	0,90	0,84	0,81	0,73	0,67
pH	10,22	10,20	10,18	10,16	10,12	10,08

Variația solubilității $Mg(OH)_2$ cu temperatura, precum și a valorilor deduse din aceasta, este relativ mică în zona de temperaturi ambiante (vezi tabelul 2). Creșterea excesului de reactiv determină însă variații sensibil mai mari ale pH-ului (pct. 2.3.).

Alcalinitatea conferită apei tratate, chiar în acest caz, de către hidroxidul de magneziu, impune ca țevile de alamă ale schimbătoarelor de căldură din circuitele de răcire industrială — în cazul cu apă pretratată servește acestui scop — să corespundă calitativ condițiilor date.

2.2. Dozaj insuficient de hidroxid de calciu

Dozajul de reactiv fiind mai mic decît cel teoretic necesar, reacția cu bicarbonatul de magneziu se limitează la formarea de carbonat de magneziu, neluînd naștere hidroxidul respectiv. Hidroliza carbonatului astfel format este mică, la temperatura dată, aportul respectiv de anioni OH^- putînd fi neglijat.

Din celelalte combinații de magneziu din apă s-ar putea naște hidroxidul, dar disponibilul redus de reactiv face problematic un aport substanțial de anioni OH^- din asemenea reacții.

Reacția cu bicarbonatul de calciu decurge normal, în limita disponibilului de $Ca(OH)_2$.

Apa tratată va conține o oarecare „duritate de calciu" remanentă.

Aportul de ioni OH^- provine numai din hidroxidul de magneziu; valoarea pH a apei tratate este determinată de concentrația în $Mg(OH)_2$ care s-a putut totuși forma în condițiile date. Această valoare va fi mai mică decît aceea corespunzătoare limitei de solubilitate, la temperatura respectivă a hidroxidului de magneziu. Coroborînd datele controlului analitic al apei brute (în ce privește conținutul ei în Mg^{2+}) cu măsurătorile de pH al apei tratate se poate preciza, dacă este vorba de cazul 2.1. : adaos teoretic de hidroxid de calciu la o apă săracă în Mg^{2+} sau de cazul 2.2. : lipsă de reactiv $Ca(OH)_2$, independent de concentrația apei în compuși de magneziu.

2.3. Exces de hidroxid de calciu

Acesta este cazul curent în exploatare. Reacțiile de eliminare din apă a carbonaților de calciu și magneziu se desfășoară lent, condiționate fiind de numeroși factori interferenți: natura și concentrația impurităților anorganice și organice din apa brută, temperatura de lucru, intensitatea soluțiilor prezente și gradul de tehnicitate al instalației de pretratare.

Excesul de $Ca(OH)_2$ trebuie menținut la nivelul strict necesar, spre a se evita implicațiile care ar putea apărea în funcționarea schimbătorilor de cationi ai liniei de demineralizare a apei pentru generatoarele de abur (vezi pct. 1, 1.1., 1.2).

Relațiile care se stabilesc în apa pretratată între valorile p și m sînt:

— alcalinitate $p = [OH^-]$;

— alcalinitate $m = [OH^-] + [CO_3^{-2}]$.

Anionii OH^- provin atît din excesul de $Ca(OH)_2$, cît și din hidroxidul de magneziu care a putut lua naștere din reacția compușilor de magneziu cu reactivul dozat.

Contribuția cu anioni OH^- a hidroxidului de magneziu la 20°C este conform tabelului 2, de cel mult 0,29 mval/kg, respectiv $1{,}46 \cdot 10^{-4}$ mol/kg.

Dacă concentrația compușilor de magneziu în apa brută este mai mică decît 0,29 mval/kg, la temperatura de 20°C, ea se înlocuiește cu valoarea găsită.

Folosind valorile p și m, excesul de $Ca(OH)_2$ se exprimă prin relația [3]:

$$\text{exces de } Ca(OH)_2 = 2p - (m + 0{,}29) \text{ mval/kg apă.}$$

Corelarea valorilor p și pH, cu exactitate suficientă pentru exploatare o dau relațiile:

— exces de $Ca(OH)_2 = p\,OH - 1{,}46 \cdot 10^{-4}$ mol/kg;

— exces de $Ca(OH)_2 = (14 - pH) - 1{,}46 \cdot 10^{-4}$ mol/kg.

Simplificările efectuate se referă la neglijarea:

— hidrolizei carbonatului de calciu format din reacții, care, la temperaturile în cauză, este foarte mică;

— la hidroliza carbonatului de sodiu provenit din bicarbonatul de sodiu și care, la temperatura ambiantă, este de circa 5%. În apele „normale" concentrația acestuia este minimală.

Un eventual aport de ioni OH^- din floculantul adăugat (sulfat feros) este de asemenea exclus (vezi pct. 1, 1.1.,1.2.). Cuplajul floculare/decarbonatare nu modifică considerentele expuse aici.

În figura 2 sînt reprezentate grafic, pentru temperatura de lucru 20°C, valorile pH rezultate, la diferite excese de $Ca(OH)_2$ în apa tratată.

Exemplu de calcul:

temperatura apei = 20°C

pH măsurat = 10,6

pOH corespunzător = 3,4, respectiv $3{,}99 \cdot 10^{-4}$ mol/kg

exces $Ca(OH)_2$ = $3{,}99 \cdot 10^{-4}$ — $1{,}46 \cdot 10^{-4}$ mol/kg = $2{,}53 \cdot 10^{-4}$ mol/kg = 18,7 g/m³ apă

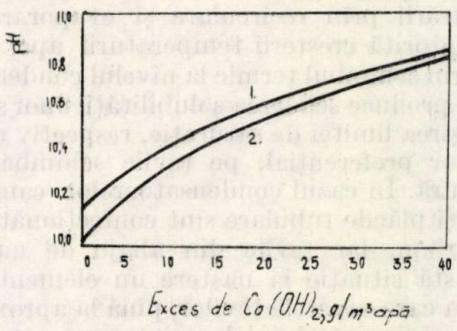


Fig. 2. Valorile pH ale apei decarbonatate funcție de excesul de reactiv și de conținutul apei în compuși de magneziu: 1 — ape cu 0,29 mval/kg compuși de magneziu; 2 — ape cu 0,20 mval/kg compuși de magneziu.

1) 0,29 mval[Mg^{+2}]/kg		2) 0,20 mval [Mg^{+2}]/kg	
Exces g/m³ apă	pH	Exces g/m³ apă	pH
0	10,00	0	10,16
10	10,39	10	10,44
20	10,57	20	10,62
40	10,81	40	10,84

Ape alcaline naturale

Aceste ape — de adîncime sau de suprafață (dar alimentate de surse subterane) — sînt caracterizate printr-un conținut apreciabil de bicarbonați alcalini. Acestea determină următoarele raporturi:

— duritatea totală ≈ duritatea temporară;

— duritatea permanentă = 0;

— alcalinitatea $p \approx 0$ sau $\neq 0$;

— alcalinitatea $m = [HCO_3^-] + [OH^-]$;

— bicarbonații alcalini = alcalinitate m — duritatea temporară.

Bicarbonații alcalini suferă chiar la temperatura ambiantă o oarecare descompunere termică, iar carbonații alcalini formați suferă un oarecare grad de hidroliză. Ambele fenomene sînt reversibile și sînt dependente de posibilitatea bioxidului de carbon de a se degaja în atmosferă. În soluție pot coexista, pentru un scurt timp și în concentrații mici, speciile HCO_3^- și OH^-.

Prin adaosul de $Ca(OH)_2$ iau naștere, de asemenea, carbonați alcalini care afectează valorile p și m și carbonat de calciu. Apa pretratată astfel are o „duritate" mai mare decît apa brută.

Corelarea valorilor p și pH nu se poate face; ea nu este nici oportună, deoarece această categorie de ape se decarbonatează numai prin schimbători cationici carboxilici.

Bibliografie

[1] Feitknecht, W., Schindler, P. *Löslichkeitskonstanten von Metalloxiden, Hydroxiden und Hydroxidsalzen in wässerigen Lösungen*. Butterworth, 1963, London.

[2] Stanisavlievici, L. *Optimaler pH-Arbeitsbereich der Ionenaustauschern*. Wäerme, Bd. 83, 1977, H.1.

[3] Stanisavlievici, L. *Kühlwasserprobleme*. Wärme, Bd. 87, 1981, H.3.

(Primit la 8 ianuarie 1985, acceptat la 10 ianuarie 1985)

Tehnologia de condiționare a apelor din circuitele de răcire ale condensatoarelor

Dr. chim. Maria Maftei, chim. Alice-Anca Cocoș*

Descriptori: condensatoare, apă de răcire, depuneri, inhibitori de crustă

În circuitele de răcire ale condensatoarelor de abur, apa de răcire este supusă permanent concentrării prin recirculare și evaporare. În plus, datorită creșterii temperaturii apei peste 40°C, prin schimbul termic la nivelul condensatorului se produce scăderea solubilității unor săruri și depășirea limitei de saturație, respectiv depunerea lor preferențial, pe țevile schimbătoare de căldură. În cazul condensatoarelor, camerele de apă și plăcile tubulare sînt confecționate din oțel carbon, iar țevile din aliaje de cupru: în această situație ia naștere un element galvanic, la care capetele țevilor, pînă la aproximativ 15 cm în interiorul lor sînt zone catodice. În apa de răcire cu oxigen are loc reducerea oxigenului bivalent la oxigen elementar, care cu apa formează ioni hidroxil. Apare deci o alcalinitate locală relativ mare, care favorizează precipitarea sărurilor și formarea depunerilor.

Aspectele enumerate succint mai sus reprezintă, în principal, factorii care conduc la formarea depunerilor aderente de săruri, care obturează țevile schimbătoare de căldură și plăcile de distribuție ale apei în turnurile de răcire. Aceste inconveniente se traduc, în final, prin consumuri de combustibil sporite și parametri subnominali de funcționare pentru agregatele energetice respective.

Astfel, din considerente economice, practica de exploatare a circuitelor de răcire impune condiționarea apelor de răcire, prin dozarea unor inhibitori de crustă, substanțe care împiedică formarea depunerilor și totodată colmatarea suprafețelor de schimb termic.

Inhibitorii de crustă utilizați în condiționarea apelor de răcire recirculate sînt fie agenți de dispersie, fie stabilizatori de duritate sau coloizi de protecție. Gama produselor de acest fel este variată.

Printre preocupările Secției de Chimie în Energetică din cadrul ICEMENERG s-a numărat și studiul și experimentarea unor produse eficiente pentru evitarea formării de cruste pe țevile schimbătoare de căldură ale condensatoarelor de abur. Experimentările au condus la elaborarea unei tehnologii complexe de condiționare a apelor din circuitele de răcire condensatoare.

Tehnologia prevede, în principal, dozarea unui amestec de polifosfați anorganici alcalini cu rol dezincrustant. Polifosfații fac parte din categoria stabilizatorilor de duritate, formînd combinații complexe stabile și solubile cu ionii de calciu, magneziu, fier bivalent, mangan, care se găsesc în apa de răcire.

Structura polifosfaților — de tip anionic cu încărcare electrică ridicată — explică proprietățile lor în ceea ce privește puterea de complexare și inhibare a depunerilor: polifosfații sînt adsorbiți cu sarcina lor electrică mare, la suprafața particulelor în suspensie din apă, în special la suprafața microcristalelor de carbonat de calciu (calcit) din apă. Acțiunea de

* Dr. chim. Maria Maftei și chim. Alice-Anca Cocoș sînt cercetători științifici la ICEMENERG

inhibare este favorizată de dimensiunile foarte apropiate ale ochiurilor elementare din rețeaua de calcit (atomii de calciu sînt interdistanțați cu 4,97 A°) și ale lanțurilor de polifosfați (grupele PO_4^{3-} sînt interdistanțate cu 4,99 A°).

Aplicarea industrială a acestei tehnologii de condiționare a circuitelor de răcire impune corelarea dozelor de dezincrustant cu valoarea durității totale a apei recirculate, reglarea domeniului de temperatură și pH, a regimului de purjare al circuitului.

Rezultatele primelor experimentări industriale au confirmat eficacitatea procedeului de condiționare propus și au condus la definitivarea condițiilor concrete de aplicare.

(Primit la 17 ianuarie 1985, acceptat la 9 februarie 1985)

Regimul chimic la cazanele de 1035 t/h

Ing. Alexandru Turasy*

Descriptori: CET, cazane de 1035 t/h, indici chimici

Cazanele de 1035 t/h, care funcționează în sistemul nostru energetic, sînt cazane cu trecere forțată unică de tip BENSON, cu punct fix de vaporizare numai la pornirea din stare umedă.

Schema de principiu a cazanului este redată în figura 1.

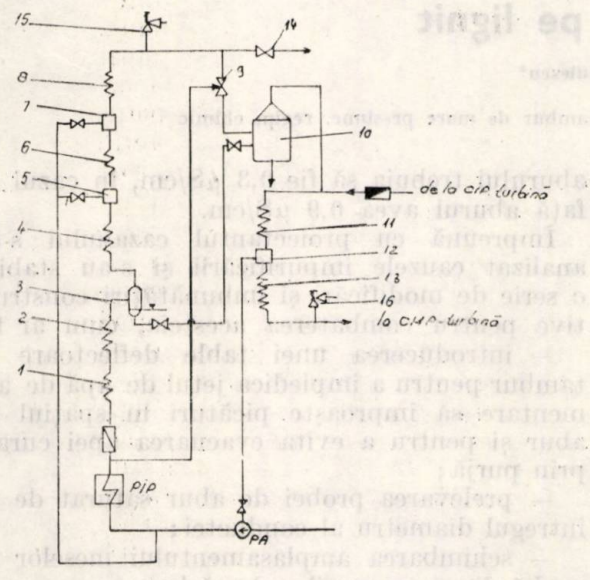


Fig. 1. Schema de principiu a cazanului de 1035 t/h: 1 — economizor; 2 — vaporizator; 3 — separator (recipient de pornire); 4 — supraîncălzitor î.p.nr.l.; 5 — injecția 1; 6 — supraîncălzitor î.p.nr. 2; 7 — injecția 2; 8 — supraîncălzitor î.p.nr. 3; 9 — bay-pass de î.p.; 10 — expandor de pornire; 11 — supraîncălzitor intermediar nr. 1; 12 — injecția nr. 3; 13 — spraîncălzitor intermediar nr. 2; 14 — vane de linie; 15 — supape siguranță î.p.; 16 — supape siguranță m.p.

Un factor important care condiționează funcționarea normală a cazanelor îl reprezintă regimul chimic, care trebuie să asigure evitarea coroziunilor în circuitul apă-abur-condensat sau valori minime ale vitezei de coroziune și, de asemenea, evitarea formării de depuneri în cazan și pe paletele turbinei. Datorită faptului că la acest tip de cazan apa se transformă în abur într-o singură trecere și ca atare există un transfer complet al sărurilor din faza lichidă în faza de vapori, apa de alimentare trebuie să prezinte un grad avansat de demineralizare și să fie bine degazată. Indicii chimici ai apei de alimentare trebuie să fie identici cu cei ai apei și aburului din circuitul termic și, conform prescripțiilor ISCIR, prezintă următoarele valori:

— pH = 7,5 — 9;
— conductivitatea electrică: maximum 0,2 μS/cm;
— oxigen dizolvat: maximum 0,2 mg/l;
— silice: maximum 0,02 mg/l;
— fier total: maximum 0,02 mg/l.

Realizarea indicilor chimici respectivi se obține prin:

— tratarea apei de adaos prin demineralizare totală în instalații construite după scheme concepute în așa fel încît, din apa brută disponibilă, să se obțină apă cu indicii chimici respectivi;

— tratarea integrală a condensatului de bază pentru eliminarea impurităților ce pot apărea ca urmare a infiltrațiilor de apă brută în condensator și a produselor de coroziune a suprafețelor metalice străbătute de apă-abur.

Domeniul de pH prescris se realizează prin alcalinizarea apei cu amoniac și hidrazină, aceasta din urmă avînd și scopul reducerii proceselor de coroziune prin eliminarea cantităților de oxigen care nu au putut fi îndepărtate prin degazarea termică.

Avînd în vedere că în apa de alimentare condensatul de bază reprezintă circa 97% din volumul total, apare în mod evident că, pentru acest tip de cazane, operația de tratare a condensatului are o importanță deosebită pentru respectarea regimului chimic.

* Ing. Alexandru Turasy este cercetător științific la ICEMENERG

Staţiile de tratare condensat sînt construite pe schema: filtru cationic puternic acid + filtru cu pat mixt şi printr-o exploatare corectă a acestora se poate asigura obţinerea indicilor chimici prescrişi.

În funcţionarea grupurilor de 330 MW de la Rovinari au apărut deranjamente ca urmare a formării depunerilor pe bază de silicaţi pe paletele turbinei. Cauza principală a formării acestor depuneri a reprezentat-o prezenţa silicei coloidale în apa brută utilizată la răcirea condensatoarelor (apa rîului Jiu), caracterizată printr-un conţinut relativ ridicat de silice coloidală, la care menţinerea acesteia în stare coloidală este favorizată de prezenţa unor agenţi de flotaţie proveniţi din staţiile de prelucrare a cărbunelui din bazinul carbonifer Jiu şi care deversează apele uzate în rîul Jiu.

Silicea coloidală pătrunde în circuitul condensului de bază prin infiltraţiile care au loc în condensatoare. Filtrele ionice din staţiile de tratare a condensatului nu pot reţine silicea coloidală, aceasta nefiind disociată ionic. În ultimii ani, s-au produs în străinătate schimbători de ioni cu structură macroporoasă, care au proprietatea de a reţine şi silicea coloidală.

Preocupări în direcţia obţinerii unor astfel de schimbători de ioni există şi la noi în ţară. ICEMENERG a experimentat o răşină de acest fel produsă de I.P. „Petru Poni"-Iaşi, iar în urma rezultatelor satisfăcătoare obţinute, urmează ca această răşină să fie experimentată şi industrial la I.E. Rovinari.

În concluzie, se subliniază importanţa deosebită pe care o prezintă, pentru aceste cazane, operaţia de tratare a condensatului, aceasta contribuind cu ponderea cea mai mare la realizarea indicilor chimici necesari pentru o funcţionare normală.

(Primit la 17 ianuarie 1985, acceptat la 9 februarie 1985)

Probleme chimice apărute la omologarea cazanului de 420 t/h pe lignit

Ing. Ana Niculescu*

Descriptori: termoenergetică, cazane cu tambur de mare presiune, regim chimic

Cazanul de 420 t/h pe lignit de fabricaţie românească este un cazan cu tambur cu o singură treaptă de vaporizare, cu presiune nominală de 155 ata. La noi în ţară nu au fost pînă în prezent cazane cu o singură treaptă de vaporizare şi drept urmare nu există reglementări în vigoare pentru indicii fizico-chimici ai apei pentru acest tip de cazan. Instrucţiunile ISCIR C 18/80 stabilesc limite pentru indicii din treapta salină a cazanelor. La întocmirea regulamentului de exploatare PE 218/83 s-au avut în vedere şi aceste cazane, dar, neexistînd experienţă de exploatare în acest sens, s-au stabilit, cu caracter experimental, valori pentru apa de cazan de trei ori mai mici decît valorile din treapta salină a cazanelor de aceeaşi presiune, urmînd ca indicii limită ai apei de cazan la care se impurifică aburul să se determine cu ajutorul unor măsurători termochimice, la omologarea cazanului.

Cu prilejul măsurătorilor termochimice efectuate la cazanul de 420 t/h pe lignit de fabricaţie românească s-a constatat că aburul produs de cazan nu este corespunzător din punctul de vedere al indicilor fizico-chimici. Astfel, dacă la o conductivitate de 10 μS/cm în apa de cazan conform PE 218/83 conductivitatea aburului trebuia să fie 0,3 μS/cm, în cazul de faţă aburul avea 0,9 μS/cm.

Împreună cu proiectantul cazanului s-au analizat cauzele impurificării şi s-au stabilit o serie de modificări şi îmbunătăţiri constructive pentru combaterea acesteia, cum ar fi:

— introducerea unei table deflectoare în tambur pentru a împiedica jetul de apă de alimentare să împroaşte picături în spaţiul de abur şi pentru a evita evacuarea apei curate prin purjă;

— prelevarea probei de abur saturat de pe întregul diametru al conductei;

— schimbarea amplasamentului meselor de probă din zona morilor de cărbune;

— spălarea aburului cu apă de alimentare.

După realizarea tuturor acestor modificări, conductivitatea aburului (măsurată în flux continuu pe cationit) a scăzut la 0,3 μS/cm (valoare impusă de norme). Indicii limită ai apei de cazan la care se impurifică aburul la diferiţi parametrii de funcţionare ai cazanului s-au determinat prin măsurători termochimice. Concentrarea sărurilor în tambur s-a realizat prin închiderea purjei continue a cazanului şi prin dozare intermitentă de NaCl în apa de alimentare. Indicii fizico-chimici ai apei de tambur la care se impurifică aburul la diferiţi parametri de funcţionare ai cazanului sînt cuprinşi în tabelul 1.

* Ing. Ana Niculescu — cercetător ştiinţific la ICEMENERG.

Tabelul 1

Debit [t/h]	Presiune abur saturat [bar]	Indici fizico-chimici			
		Apă tambur		Abur saturat	
		μS/cm (25°C)	SiO_2 [ppm]	μS/cm (25°C) (flux continuu pe cationit)	SiO_2 [ppm]
250	130	35 40 44	0,9 0,98 1,07	0,3 0,35 0,5	0,018 0,02 0,022
350	142	26 34 36	0,89 0,95	0,3 0,35 0,5	0,02 0,023
410	155	18,7 24,3 25,1	0,8 0,8 0,85	0,3 0,33 0,5	0,02 0,02 0,022

La valori ale indicilor apei de tambur mai mici decît cele din tabel, indicii aburului s-au menţinut constanţi, în limitele admise de norme.

Pentru protejarea turbinei împotriva depunerilor, literatura de specialitate recomandă adoptarea unor indici limită pentru funcţionarea de durată cu 20% mai mici faţă de indicii fizico-chimici critici stabiliţi prin măsurători termochimice.

În conformitate cu aceste recomandări, pentru funcţionarea de durată a cazanelor de 420t/h

Tabelul 2

Indici fizico-chimici limită	Apă tambur	Abur viu
Conductivitate electrică μS/cm la 25°C maximum	15	0,3
Silice totală ppm maximum	0,6	0,02

pe lignit se propune adoptarea indicilor fizico-chimici limită indicaţi în tabelul 2.

Aceşti indici nu pot fi adaptaţi la funcţionarea pe gaze sau pe păcură, deoarece în aceste cazuri se modifică fluxul termic prin peretele ţevii şi se modifică circulaţia apei, deci în cazul fabricării unui cazan similar funcţionînd pe păcură sau gaze, indicii limită de funcţionare se vor stabili, de asemenea, prin măsurători termochimice.

Cu prilejul impurificării apei de alimentare pentru atingerea concentraţiei limită a sărurilor din tambur, s-a constatat că se impurifică concomitent şi aburul saturat şi cel supraîncălzit, din cauza spălării aburului saturat şi a reglajului temperaturii aburului supraîncălzit cu apă de alimentare. Ca urmare, pentru obţinerea indicilor fizico-chimici ai aburului produs de cazan în limitele admise de normele în vigoare, se impune menţinerea indicilor apei de alimentare în limitele aceloraşi norme cu aburul (conductivitate maximum 0,3 μS/cm şi SiO_2 maximum 0,02 ppm).

(Primit la 8 ianuarie 1985, acceptat la 9 februarie 1985)

Model de calcul pentru stabilirea tehnologiei de tratare a apei în centralele termice industriale

Dr. ing. Lucian Negulescu, ing. Mihail Ceclan, ing. Rodica Ceclan*

Descriptori: CT, model calcul, tratare apă

În centralele termice dotate cu cazane cu presiuni de 16...40 bar regimul chimic este determinat de structura balanţei apă-abur-condensat, în care ponderea şi calitatea condensatului recuperat sînt foarte variate.

Studiul regimului chimic al generatoarelor de abur, în scopul asigurării unor condiţii de funcţionare economică şi sigură, trebuie să ţină seama şi de compoziţia apei brute disponibile pe fiecare amplasament.

Stabilirea unei metodologii rapide de determinare a procedeului tehnologic de tratare a apei de adaos, se impune încă din faza de proiectare ,în scopul realizării unui regim chimic corespunzător (fig. 1).

La baza studiului regimului chimic al generatoarelor de abur stă balanţa de săruri din circuitul termic, care este exprimată matematic prin relaţia:

$$I_{al}\, D_{al} = I_c D_c + I_{ad}\, D_{ad}. \qquad (1)$$

Relaţia se aplică numai pentru indicii cumulativi şi anume: salinitatea (S), alcalinitatea (m), silice (SiO_2).

Cu relaţia (1) se poate determina valoarea indicilor de calitate ai apei de adaos, care să permită funcţionarea generatoarelor de abur în siguranţă şi la un cuantum de purjă sub cel normat.

În figura 2 este prezentat schematic algoritmul de analiză a regimului chimic şi determina-

* Dr. ing. Lucian Negulescu, ing. Mihail Ceclan, ing. Rodica Ceclan — I.P. Bucureşti.

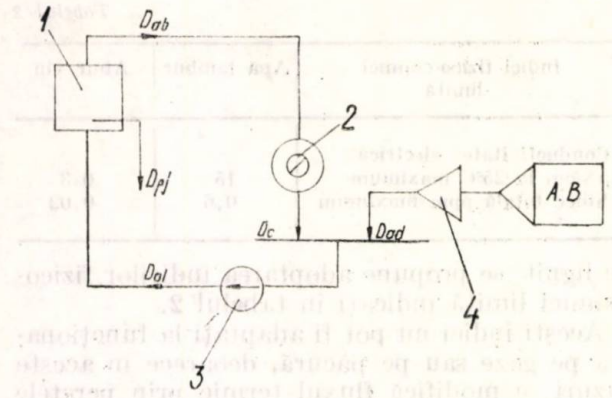


Fig. 1. Schema de principiu a centralei termice : 1 — generator de abur ; 2 — consumator termic ; 3 — pompa de alimentare ; 4 — instalația de tratare a apei de adaos ; D_c — debitul de condensat recuperat ; D_{ad} — debitul de apă de adaos ; D_{al} — debitul de apă de alimentare : D_{pj} — debitul purjei continue ; D_{ab} — debitul de abur ; A.B. — apă brută.

rea procedeului tehnologic pentru tratarea apei de adaos.

Indicii apei de alimentare se stabilesc funcție de indicii apei din generator cu relația :

$$I_{al}^{n} = \frac{I_g P_j}{(100 + P_j) K} . \qquad (2)$$

Pentru calitatea apei de adaos se folosește relația (1), din care se deduce :

$$I_{ad} = I_{al} \frac{D_{al}}{D_{ad}} - I_c \frac{D_c}{D_{ad}} . \qquad (3)$$

Cînd condensatul recuperat este de calitate foarte bună, se poate scrie $I_c = 0$ și notînd cuantumul apei de adaos cu $X = D_{ad}/D_{al}$ și ținînd seama de ecuația (2), calitatea necesară

Tabel 1

Procedee de tratare a apei. Modificarea indicilor chimici în fluxul tehnologic

Indicii chimici	apă brută		apă pretratată cu $FeSO_4 + Ca(OH)_2$		apă dedurizată		apă parțial demineralizată		apă total demineralizată	
	mval/l	ppm	mval/l	ppm	mval/l	ppm	mval/l	ppm	mval/l	ppm
Alcalinit „m' (HCO_3^-)	$(HCO_3^-)''$	—	$(HCO_3^-)''$	—	$(HCO_3^-) = (HCO_3^-)'$	—	$(HCO_3^-) = 0{,}3 \pm 0{,}2$	—	alcalinitate „m'' < 0,05	
	4,0	244	~1	61	1	61	≃0,5	≃30,5	0,05	—
Cloruri (Cl^-)	$(Cl^-)''$	—	$(Cl^-)' = (Cl^-)''$	—	$(Cl^-) = (Cl^-)'$	—	$(Cl^-) = (Cl^-)'$	—	—	$(Cl^-) \leqslant 1{,}0$
	1,8	63,9	1,8	63,9	1,8	63,9	1,8	63,9	—	1,0
Sulfați (SO_4^{2-})	$(SO_4^{2-})''$	—	$(SO_4^{2-})^+$	—	$(SO_4^{2-}) = (SO_4^{2-})'$	—	$(SO_4^{2-}) = (S_4^{2-})$	—	$(S_4^{2-}) = 0$	—
	0,2	9,6	0,2 + 0,4 = 0,6	28,9	0,6	28,9	0,6	28,9	0	0
Total anioni (ΣA)	$(\Sigma A)''$	—	$(\Sigma A)' = (\Sigma A)''$	—	$(\Sigma A) = (\Sigma A)'$	—	$(\Sigma A) = (HCO_3^-) + (Cl^-) + (SO_4^{2-})$ $(\Sigma A) \leqslant 0{,}1$ mval/l			
	6,0	317,5	3,4	153,8	3,4	153,8	2,9	123,3	—	—
Calciu (Ca^{2+})	$(Ca^{2+})''$	—	$(Ca^{2+}) = (Ca^{2+})'$	—	$(Ca^{2+}) = 0$	—	$(Ca^{2+}) \simeq 0$	—	$(Ca^{2+}) \simeq 0$	—
	3,3	66	0,7	14	0	0	0	0	0	0
Magneziu (Mg^{2+})	$(Mg^{+})''$	—	$(M^{2+})' = (Mg^{2+})''$	—	$(Mg^{2+}) \simeq 0$	—	$(Mg^{2+}) \simeq 0$	—	$(Mg^{2+}) \simeq 0$	—
	0,5	6	0,5	6	0	0	0	0	0	0
Sodiu (Na^+)	$(Na^+)''$	—	$(Na^+)' = (Na^+)''$	—	$(Na^2) = (\Sigma N) = (\Sigma A)$		$(Na^+) = (\Sigma K) = (\Sigma A)$		$(Na^2) \leqslant 1{,}0$ mval/l	
	2,2	50,6	2,2	50,6	3,4	78,2	2,9	66,7	—	—
Total cationi (ΣK)	$(\Sigma K)''$	—	$(\Sigma K)' = (\Sigma K)''$	—	$(\Sigma K) = (\Sigma K)'$	—	$(\Sigma K) = (Na^+)$	—	$(\Sigma K) \leqslant 0{,}1$ mval/l	
	6,0	122,6	3,4	70,6	3,4	78,2	2,9	66,7	—	—
Salinitate (s)	$(\Sigma K)'' = (\Sigma A)''$	$(\Sigma K)'' + (\Sigma A)''$	$(\Sigma K)' = (\Sigma A)'$	$(\Sigma K)' + (\Sigma A)'$	$(\Sigma K) = (\Sigma A)$	$(\Sigma K) + (\Sigma A)$	$(\Sigma K) = (\Sigma A)$	$(\Sigma K) + (\Sigma A)$	$(\Sigma K) + (\Sigma A)$	$(\Sigma K) + (\Sigma A)$
	6,0	440,1	3,4	244,4	6,0	232	2,9	190	—	10
Silice (SiO_2)	—	$(SiO_2)''$	—	$\simeq 0{,}8 \cdot (SiO_2)''$	—	$(SiO_2) = (SiO_2)'$	—	$(SiO_2) = (SiO_2)'$	—	$(SiO_2) \leqslant 0{,}10$
	—	5,25	—	0,8 · 5,25 = 4,2	—	4,2	—	4,2	—	0,10
Materii org. (S.O.)	—	(S.O.)''	—	$\simeq 0{,}8 \cdot (S.O.)''$	—	(S.O.) ≃ ≃ (S.O.)'	—	(S.O.) ≃ ≃ (S.O.)'	—	(S.O.) = = 1 — 2
	—	14	—	0,7 · 14 = 9,8	—	⩽9,8	—	⩽9,8	—	2

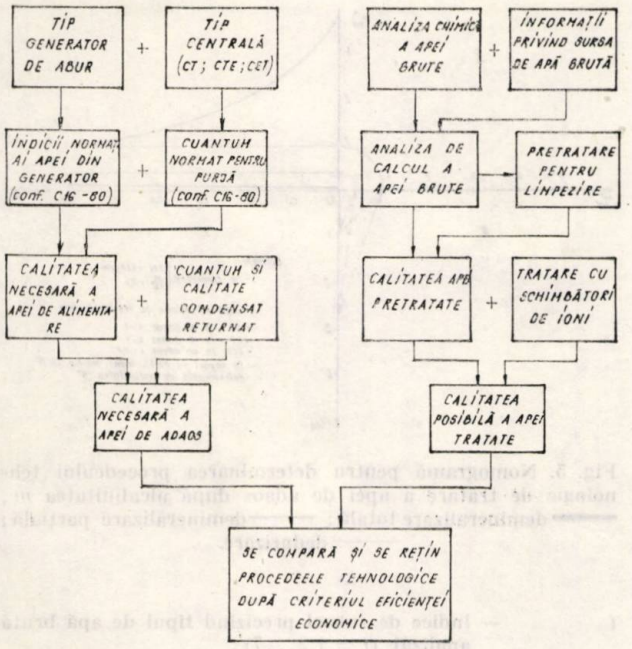


Fig. 2. Schema influențelor logice la determinarea procedeului tehnologic de tratare a apei de adaos.

a apei de adaos poate fi exprimată direct în funcție de indicele corespunzător din generator:

$$I_{ad}^{n} = I_{al}^{n} \frac{1}{X} = \frac{I_g P_j}{X\,(100 + P_j)\,K}. \qquad (4)$$

Au fost luate în considerație principalele procedee de tratare, bazate pe schimbul ionic: dedurizarea, demineralizarea parțială, demineralizarea totală.

Cu ajutorul acestui procedeu se obține calitatea apei prezentate în tabelul 1.

În vederea alegerii procedeului optim trebuie să se țină seama ca acesta să realizeze indici mai mici decît cei normați:

$$I_{ad} < I_{ad}^{n}. \qquad (5)$$

Organigrama programului în limbaj FORTRAN IV este prezentată în figura 3.

Pentru exemplificare s-a luat o centrală termică echipată cu generatoare de abur de categoria a III-a, conform prescripțiilor, și pentru calități ale apei brute foarte variate:

S_{AB} :(100 — 700), [ppm]

$$\frac{m}{S_{AB}} : (0{,}2 - 0{,}6).$$

Pentru cuantumul apei de adaos s-a luat $X = 0{,}2 \ldots 0{,}8$, cifre care se practică în mod obișnuit.

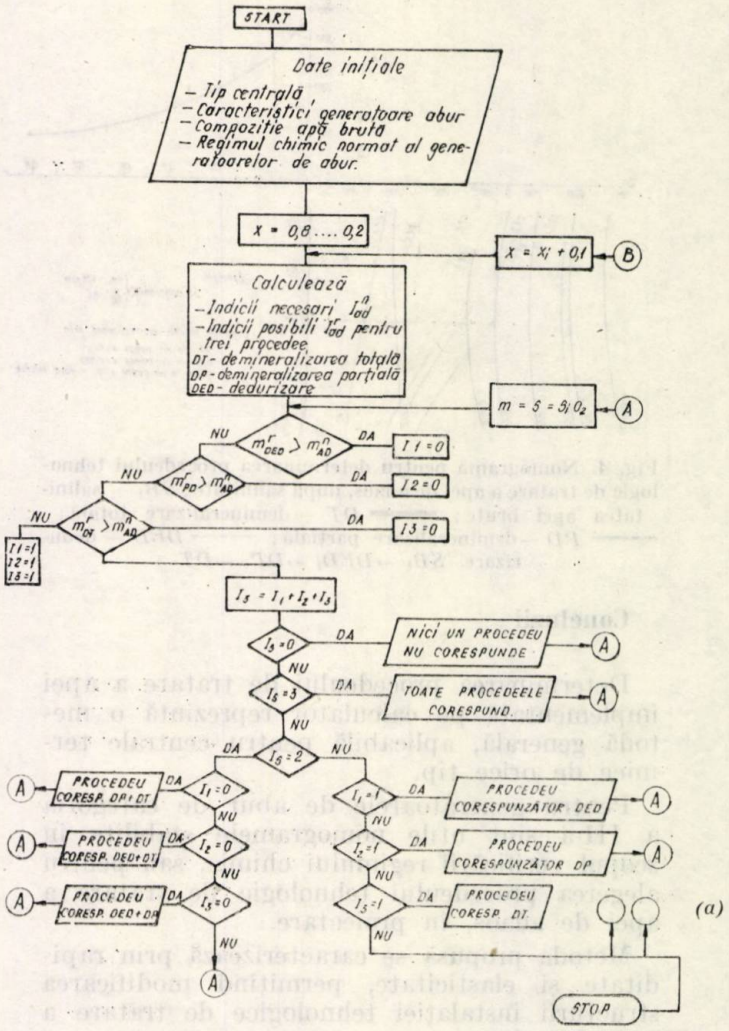


Fig. 3. Organigrama programului pentru determinarea procedeului tehnologic pentru tratarea apei de adaos.

Notă: litera (*a*) indică faptul că programul se reia prin A și B.

În figurile 4 și 5 sînt prezentate rezultatele obținute. Variația salinității necesare în apa de adaos, funcție de cuantumul adaosului este evidențiată în cuadratul I din figura 4:

$$S_{ad}^{n} = f(X). \qquad (6)$$

Cuadratul III permite determinarea salinității posibil a fi obținută din apa brută (SB_i, m/S) prin cele trei procedee tehnologice de tratare:

$$S_{ad}^{r} = f\left(\text{procedeu},\ SB_i,\ \frac{m}{S}\right). \qquad (7)$$

Din compararea celor două valori se determină valoarea cuantumului de adaos pentru care se asigură un regim chimic corespunzător prescripțiilor tehnice ISCIR.

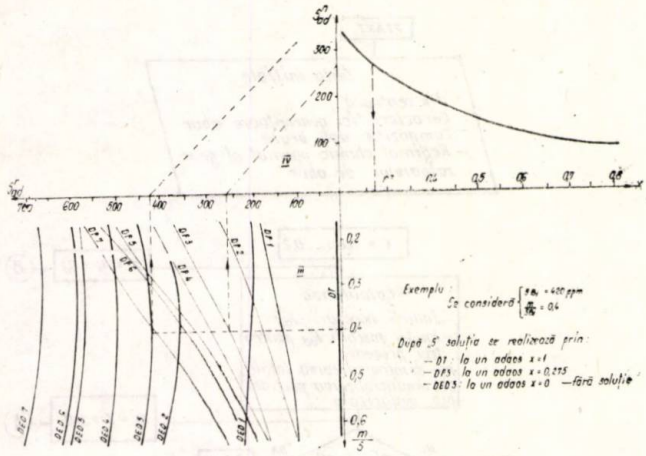


Fig. 4. Nomogramă pentru determinarea procedeului tehnologic de tratare a apei de adaos, după salinitate; SB_i — salinitatea apei brute; ▬▬ DT — demineralizare totală; ——— PD — demineralizare parțială; - - - - DED — dedurizare. $SB_i \rightarrow DED_i \rightarrow DP_i \rightarrow DT$

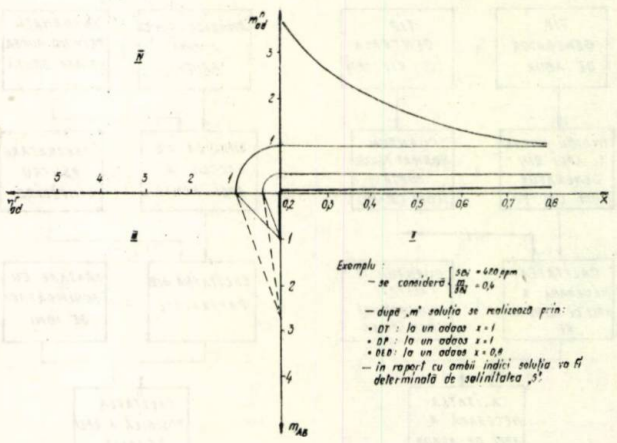


Fig. 5. Nomogramă pentru determinarea procedeului tehnologic de tratare a apei de adaos după alcalinitatea m: ▬▬ demineralizare totală; ——— demineralizare parțială; - - - - dedurizare.

Concluzii

Determinarea procedeului de tratare a apei implementată pe calculator reprezintă o metodă generală, aplicabilă pentru centrale termice de orice tip.

Pentru generatoarele de abur de categoria a III-a sînt utile nomogramele stabilite în scopul verificării regimului chimic, sau pentru alegerea procedeului tehnologic de tratare a apei de adaos, în proiectare.

Metoda propusă se caracterizează prin rapiditate și elasticitate, permițînd modificarea structurii instalației tehnologice de tratare a apei de adaos.

ANEXĂ

Notații folosite:

AB — indice de subsol cu semnificația „apă brută";
al, ad, c — indici de subsol care precizează agentul la care se referă indicele de calitate respectiv (alimentare, adaos, condensat);
D_{al}, D_{ad}, D_c [m³/h] — debitul apei de alimentare, al apei de adaos, de condensat;
I — notație generică pentru indicii de calitate cumulativi: S = salinitate, m = alcalinitate „m", SiO_2 = silice;
i — indice de subsol precizînd tipul de apă brută analizat ($i = 1,2 \ldots 7$);
I_{al}, I_{ad}, I_c, I_g — indici de calitate pentru apa de alimentare, apa de adaos, condensatul recuperat, respectiv apa din generator;
I^n_{al}, I^n_{ad} — valoarea necesară a indicilor de calitate ai apei de alimentare și ai apei de adaos;
K — coeficient de transformare a alcalinității „m" în alcalinitate „p";
m — alcalinitate „m" [mval/l];
n — indice superior exprimînd valoarea necesară (normată) a indicelui de calitate respectiv;
P_j — cuantumul purjei [%];
r — indice superior exprimînd valoarea reală a indicelui de calitate;
S — salinitate [mval/l]sau [ppm];
SB_i — salinitatea apei brute i;
SiO_2 — conținutul de silice [ppm];
X — cuantumul apei de adaos.

Bibliografie

[1] Negulescu, L., Fodor, C. *Tratarea apei și regimul chimic în centralele electrice.* I.P.B., 1980.
[2] Dancea, I. *Programarea calculatoarelor numerice pentru rezolvarea problemelor cu caracter tehnic și de cercetare științifică.* Ed. Dacia, Cluj, 1973.
[3] Negulescu, L., Vasilescu, M. *Regimul chimic al generatoarelor de abur și apă fierbinte.* OID-MACF, București, 1983.
[4] Cocheci, V., Negulescu, L., Klepp, F. *Contributions to the calculations of ion exchange equilibrium in water demineralization process.* Revue Roumaine de Chimie, 27, nr. 1, 1982, p. 37–45.

(Primit la 22 februarie 1984, acceptat la 14 martie 1985)

Dependența siguranței în funcționare a turbinelor cu parametri supracritici de calitatea aburului

Chim. Elena Chirica, chim Mihai Chirica*

Descriptori: CTE, turbine, abur energetic, indici chimici, depuneri, coroziuni

1. Considerații privind condițiile de calitate pentru aburul ce alimentează turbinele cu parametri supracritici

Din analiza modului de comportare în exploatare a numeroase grupuri termoenergetice cu cazane cu străbatere și parametrii supracritici, s-au stabilit condițiile de calitate pentru aburul supraîncălzit, condiții care asigură exploatarea în siguranță a acestora. Numai în mod excepțional și pentru scurte perioade de timp pot fi admise valori mai mari. Conform PE 218/83, indicii chimici ai aburului supraîncălzit trebuie să corespundă următoarelor condiții:

— pH	minimum	7
— conductivitate electrică (corectată pentru alcalii volatile)	maximum	0,3 μS/cm
— silice	maximum	0,02 ppm
— fier total	maximum	0,02 ppm
— sodiu și potasiu	maximum	0,01 ppm
— cupru	maximum	0,003 ppm

În numeroase articole publicate în reviste de specialitate [1, 2, 3] sînt specificate limite mai severe pentru impuritățile din aburul supraîncălzit care pot crea probleme în turbină, și anume:

— conductivitate electrică (corectată pentru alcalii volatile)	maximum	0,3 μS/cm
— sodiu	maximum	0,005 ppm
— cloruri	maximum	0,005 ppm
— silice	maximum	0,01 ppm
— fier total	maximum	0,02 ppm
— cupru	maximum	0,002 ppm
— oxigen	maximum	0,01 ppm

La stabilirea acestor valori limită s-a ținut cont de limita de solubilitate a impurităților în aburul supraîncălzit expandat, în orice regiune uscată a turbinei.

Conductivitatea electrică cu corecție pentru alcaliile volatile, numită și conductivitate cationică, reflectă, în primul rînd, prezența clorurilor (0,01 ppm Cl^- corespund la 0,12 μS/cm) și a bioxidului de carbon. Aceasta este cea mai simplă mai sigură și mai cu acurateţe metodă de control a purității apei. Statistic, s-a stabilit că la grupurile termoenergetice echipate cu cazane cu străbatere ce au produs abur supraîncălzit cu conductivitatea cationică de maximum 0,2 μS/cm nu au avut loc depuneri și s-au semnalat foarte puține cazuri de fenomene de coroziune.

Limita admisă pentru conținutul de sodiu este foarte importantă pentru siguranța în funcționare a turbinei. Ea trebuie să fie suficient de scăzută, astfel încît să nu se poată forma, în nici o zonă a turbinei, depuneri de hidroxid de sodiu, clorură de sodiu sau alte săruri de sodiu; contaminarea caustică poate provoca coroziunea fisurantă a materialelor turbinei.

În privința conținutului de silice al aburului, este admisă, în general, limita de 0,02 ppm. Studiile efectuate în privința solubilității silicei în abur, în funcție de presiunea și temperatura acestuia, au condus la concluzia că, pentru evitarea formării de depuneri greu solubile de silice, este necesară o limită mai scăzută, și anume de maximum 0,01 ppm.

Prezența cuprului în aburul energetic, peste limita admisă, poate conduce la formarea de depuneri de cupru metalic și oxizi de cupru în corpul de înaltă și medie presiune. Oxizii de cupru pot provoca și coroziuni [2].

2. Sursele de impurificare a aburului

Principalii factori răspunzători de nerespectarea normelor privind indicii chimici ai aburului energetic sînt: exploatarea defectuoasă a stațiilor de tratare condensat, infiltrațiile de apă de răcire și infiltrațiile de aer în condensator, calitatea necorespunzătoare a apei de adaos, aparatură pentru analiza chimică a apei și a aburului inadecvată sau neexploatată corespunzător.

Funcționarea cu filtrele cu pat mixt epuizate avansat conduce la contaminarea caustică a aburului la cazanele cu străbatere, datorită scăpărilor de sodiu [1, 4].

Datorită capacității utile de schimb a anionitului din filtrele de finisare a condensatului mai mici decît a cationitului este necesară stabilirea raportului just dintre cele două rășini, căci epuizarea anionitului înaintea cationitului ar conduce la scăpări de anioni (Cl^-, SO_4^{2-}), ceea ce creează probleme de coroziune în turbină.

* Chim. Elena Chirica și chim. Mihai Chirica sînt cercetători științifici la ICEMENERG.

Prin neetanșeitățile din condensator, precum și prin apa de adaos pot pătrunde în apa de alimentare substanțe coloidale naturale, submicronice, care sînt complecși de substanțe organice, silice, oxizi de aluminiu etc. Aceste substanțe nu se rețin pe schimbătorii de ioni uzuali. O îmbunătățire a calității apei de adaos în acest sens se poate obține prin creșterea eficacității procesului de pretratare (coagulare) și prin utilizarea rășinilor macroporoase adsorbante [3, 5].

În abur, la presiune și temperatură ridicată, aceste substanțe se descompun conducînd la formarea de acizi organici și anorganici, silice etc.

3. Analiza fenomenelor ce se produc în turbină prin funcționarea cu indici chimici depășiți la abur și efectele acestora

Funcționarea cu conținut ridicat de impurități în aburul energetic poate conduce la apariția fenomenelor de coroziune, depunere și eroziune.

Coroziunea poate fi fisurantă și în puncte, „pitting", iar ca agenți de coroziune s-au identificat: NaOH, NaCl, Na_2SO_4, HCl, H_2SO_4, acizi organici (în special acidul acetic). Prezența acestor substanțe în turbină se poate explica astfel: aburul supraîncălzit expandează în turbină și, din acest motiv, scade temperatura, presiunea și solubilitatea sărurilor în abur; are loc fenomenul de concentrare locală, soluțiile unor săruri devin saturate și chiar suprasaturate, conducînd la formarea de depuneri. Aceasta în condițiile unui abur uscat, iar la opriri și reporniri depunerea poate fi spălată și purtată mai departe de umiditate. Solubilitatea în aburul uscat descrește, la expandarea acestuia, atît pentru sărurile de sodiu, hidroxidul de sodiu, cît și pentru silice.

Clorura de sodiu, ce se poate forma prin scăpările de Na^+ și Cl^-, poate produce coroziune „pitting" la oprirea grupului, cînd se formează umezeală și este prezent și oxigenul. De asemenea, ea se depozitează în zonele de strangulare a aburului și poate provoca coroziuni periculoase și în timpul funcționării.

Acizii, provenind din scăpările anionice, dar și din descompunerea substanțelor organice, sînt foarte solubili în abur și se vor concentra în primele picături de condensat, la „linia Wilson". Amoniacul neutralizează acizii în apa de alimentare și abur, dar în picăturile formate la „linia Wilson" nu se mai întîmplă acest lucru datorită tendinței amoniacului de a rămîne în fază gazoasă. Dovada prezenței și atacului acizilor anorganici a fost obținută prin examinarea în laborator a paletelor fisurate, descoperindu-se clorură ferică și sulfat feros în imediata apropiere a regiunii atacate. Aceste produse nu pot fi decît rezultatul acțiunii unor acizi din mediul înconjurător [3].

Contaminarea turbinei se poate face și accidental la lucrările de reparații-întreținere.

Soluțiile de curățire chimică a depunerilor din turbină, de obicei soluții diluate, la folosire se pot infiltra în spațiile dintre palete și rotor și, concentrîndu-se în timpul lucrului, pot crea probleme de coroziune.

Regiunile din turbină cele mai afectate de coroziune sînt cele unde temperatura metalului și aburului este în jurul punctului de topire a agenților corosivi și cele din imediata apropiere a formării primului condensat; coroziunea apare și la supraîncălzirea suprafeței metalului în regiunea aburului umed, unde impuritățile se pot concentra prin evaporare și uscare.

Datorită depășirii valorilor limită ale indicilor chimici la aburul energetic pot avea loc depuneri de săruri, care pot fi solubile și insolubile în apă. Depunerile solubile sînt formate din săruri de sodiu, iar cele insolubile din silice, oxizi de fier, cupru, aluminiu. Depunerile solubile se elimină din turbină cu abur umed; cele insolubile creează însă mari dificultăți.

Datorită depunerilor, cel mai frecvent sînt probleme la presgarnitura labirint și la garniturile multiple de etanșare dintre rîndurile de palete, deoarece depunerile micșorează eficacitatea etanșării și scade randamentul turbinei. De asemenea, la segmenții de etanșare ai tijei supapei se pot forma depuneri între tija supapei și lagăr, nemaipermițînd funcționarea supapei.

Eroziunea paletelor turbinei poate fi provocată de oxizii metalici pulbere, oxizi ce provin din exfolierea de pe țevile supraîncălzitorului datorită gradientului de temperatură.

4. Natura depunerilor formate în turbinele unor grupuri termoenergetice de pe Valea Jiului

Cu ocazia reviziei unor grupuri termoenergetice de pe Valea Jiului (gr. 4 și gr. 5 de 330 MW de la I.E. Rovinari, gr. 3 de 330 MW de la I.E. Turceni etc.), s-a constatat prezența depunerilor pe paletele și ajutajele turbinelor.

Din analiza chimică a acestor depuneri rezultă următoarele:

— ponderea cea mai mare în depuneri, indiferent de locul de prelevare, o are conținutul de silice (31% pe CIP, 85% pe CJP); conținutul de silice din depunere crește pe măsură ce scade presiunea aburului din turbină;

— trioxidul de aluminiu constituie un component important al depunerilor, procentul cel mai ridicat fiind pe CIP, 30%, iar procentul cel mai mic pe CJP, 1%;

— depunerile prelevate conțin și trioxid de fier, care reprezintă 3,5—14% și în proporție mai mică oxid de calciu și magneziu.

Este evident că oxizii de aluminiu, de calciu și de magneziu, prezenți în depuneri, nu provin decît din infiltrațiile de apă de răcire în condensator. Tratarea parțială a condensatului permite acestor impurități să ajungă în apa de alimentare și apoi în aburul supraîncălzit ce alimentează turbina.

Analiza sistematică a indicilor chimici din circuitul apă-abur al grupurilor energetice enumerate a scos în evidență următoarele aspecte:

1. Apa de adaos are conținutul de silice ionică sub 0,02 ppm, dar conține și silice coloidală în limitele 0,01—0,055 ppm. Valoarea mare a conținutului de silice coloidală în apa de adaos se explică prin faptul că sursa de apă brută pentru demineralizare la grupurile menționate este apa de Jiu; aceasta conține între 0,8—1,6 ppm silice coloidală, care nu se reduce suficient prin pretratare cu var și sulfat feros datorită funcționării defectuoase a acesteia, iar pe schimbătorii de ioni din instalația de demineralizare reducerea este mică.

2. Din analiza conținutului de silice coloidală a condensatului de bază și din bilanțul de săruri s-a stabilit că aportul apei de adaos la impurificarea condensatului de bază este mic, el crește cu creșterea debitului apei de adaos; impurificarea majoră se produce datorită neetanșeităților de la condensator și a condensatelor secundare impurificate.

3. Conținutul de silice coloidală scade foarte puțin prin tratarea condensatului de bază.

4. Stația de tratare condensat contribuie prea puțin chiar la reducerea conținutului de silice ionică a condensatului de bază din următoarele cauze:

— se funcționează cu filtrele de finisare (pat mixt) epuizate avansat;

— se tratează numai parțial condensatul.

Din motivele enumerate, aburul energetic are lungi perioade de timp conținutul de silice peste valoarea maxim admisă și, de asemenea, conductivitatea cationică, conducînd la formarea de depuneri pe paletele și dispozitivele de reglaj ale turbinelor.

Concluzii

Pentru evitarea apariției depunerilor și coroziunilor în turbină este absolut necesară respectarea normelor de calitate pentru aburul energetic.

Valorile limită ale conținutului impurităților din aburul energetic sînt astfel stabilite încît să nu se producă datorită lor, la o exploatare normală, nici fenomene de depunere, nici de coroziune.

În exploatare, trebuie acordată o atenție deosebită surselor de impurificare. Se va urmări integritatea condensatorului, calitatea apei de adaos, starea de funcționare a stației de tratare condensat, calitatea reactivilor chimici de condiționare (amoniac, hidrazină).

Pentru o bună funcționare este necesară asigurarea controlului cu acurateță al indicilor chimici din circuitul apă-abur, urmărirea bunei funcționări a aparaturii de măsură și control în flux continuu pentru: conductivitatea cationică, pH și oxigen.

Bibliografie

[1] Strass, S. D. *Turbine reliability hinges on steam purity* În: Power, nov. 1979.

[2] Otakar, Jonas. *Turbine steam purity.* In: Combustion, dec. 1978, vol. 50, nr. 6.

[3] Bodmer, M. *Acid corrosion in steam turbines.* In: Combustion, martie 1978, vol. 49, nr. 9.

[4] Lindinger, R. J., Curran, R. M. *Corrosion experience in large steam turbine.* In: Power Eng., oct. 1981.

[5] Berger, C. E., Rath, F. T. *Colloidal silica analysis.* In: Power Eng., ian. 1980

(Primit la 14 iunie 1984, acceptat la 9 ianuarie 1985)

Probleme de chimie actuale și de perspectivă în proiectarea centralelor termoelectrice

Ing. Nicolae Nină*

Ca și combustibilul, apa reprezintă o materie primă indispensabilă în funcționarea centralelor termoelectrice și nuclearo-electrice. Utilizată ca agent de răcire sau pentru producerea aburului, calitatea acesteia reprezintă un factor determinant în funcționarea sigură și la parametrii proiectați a echipamentelor energetice. Odată cu creșterea parametrilor funcționali ai echipamentelor energetice s-au impus cerințe din ce în ce mai severe privind calitatea apei. În toate țările există standarde, norme, instrucțiuni, care precizează calitatea apei din circuitele centralelor termoelectrice și nuclearo-electrice, funcție de parametrii funcționali ai echipamentelor. Cerințele acestor norme și parametrii fizico-chimici ai apei brute de suprafață sau de adîncime stau la baza proiectării instalațiilor de tratare chimică a apei.

* Ing. Nicolae Nină este proiectant la ISPE.

În exploatarea instalațiilor existente și proiectarea marilor obiective energetice se ridică ca probleme de actualitate:

— diminuarea surselor de apă disponibile;

— înrăutățirea calității acestora datorită poluării industriale;

— creșterea cerințelor calitative impuse apelor uzate, evacuate în emisari.

Dezvoltarea în ritm susținut a industriei, mare consumatoare de apă, impune utilizarea rațională a surselor existente. Ca urmare, au fost normate consumurile specifice de apă pe unitatea de produs, în funcție de puterea și tipul centralelor. Încadrarea în aceste norme severe impune ca centralele să fie dotate, prin proiecte, cu instalațiile necesare pentru:

— recuperarea și recircularea în circuitul hidrotehnic sau în circuitul de zgură și cenușă a apei rezultate de la răcirea echipamentelor în funcție de calitatea acesteia:

— reducerea la minimum a purjelor circuitelor hidrotehnice cu turnuri de răcire. Respectarea, în aceste condiții, a indicilor chimici normați pentru circuitul de răcire necesită pretratarea și limpezirea apei de adaos, urmată de o condiționare prin injectare de acid;

— reducerea consumului de apă necesară pentru spălarea liniilor de demineralizare. În acest scop a fost adoptată tehnologia de spălare în circuit închis a schimbătorilor de ioni după regenerare;

— utilizarea ca apă de adaos în circuitul de zgură și cenușă a apelor agresive rezultate de la regenerarea schimbătorilor de ioni;

— creșterea cantității de condensat industrial returnat. Este necesar ca la consumatori să fie montate instalațiile de recuperare și repompare la centrală, identificare și separare din acest circuit a echipamentelor poluante cu produse industriale;

— recuperarea condensatului rezultat de la gospodăriile de combustibil. Pentru tratarea acestui condensat este necesar să se cerceteze tehnologia adecvată separării produselor poluante.

Datorită nereturnării de condensat sau returnării condensatului netratabil prin instalațiile cu schimbători de ioni, adaosul de apă demineralizată reprezintă, la centralele de termoficare industrială, 70—80% din aburul produs. Această situație conduce la proiectarea și montarea în centrale a instalațiilor de demineralizare gigant, frecvent cu debite instalate de 600—800 m^3/h și mai mult.

Un fenomen cu repercusiuni negative asupra funcționării instalațiilor, existent și în proiectare, îl reprezintă poluarea industrială a surselor de apă de suprafață. Poluarea cu săruri minerale solubile, substanțe organice solubile și insolubile în suspensie, ridică pentru proiectare o problemă de mare actualitate: stabilirea corectă a analizelor de calcul pentru dimensionarea instalațiilor de tratare chimică a apei. Este nerealistă și dăunătoare pentru economia națională tendința de dimensionare a instalațiilor de demineralizare în baza analizelor limită standardizate pentru apele de suprafață din categoriile I, II și III.

Se impune stabilirea în mod științific, pentru fiecare caz în parte, a analizelor de calcul pe baze statistice și de perspectivă, prin analize fizico-chimice.

Poluarea surselor de suprafață conduce la:

— scheme complexe de tratare pentru îndepărtarea poluanților;

— consumuri ridicate de reactivi chimici;

— consumuri mari de apă de spălare;

— creșterea prețului de cost al apei tratate.

În aceste condiții, economisirea apei tratate devine o problemă primordială, iar recuperarea la maximum a condensatului industrial o problemă acută. Este cu atît mai necesară această economisire fiind știut că instalațiile cu schimbători de ioni, sînt ele însele poluante cu săruri minerale solubile.

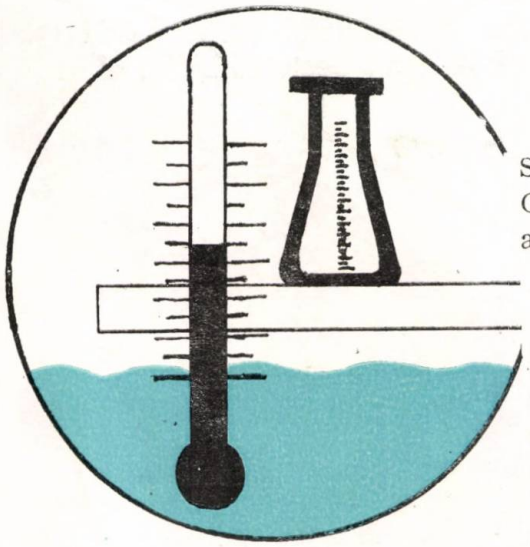
Datorită exceselor de regenerant utilizat se evacuează din instalație o cantitate de 2—3 ori mai mare de săruri solubile decît cele reținute în timpul ciclului activ. Dacă la centralele pe cărbune acestea sînt evacuate în circuitele de zgură și cenușă, la centralele pe combustibil gazos sau lichid sînt evacuate în apele de suprafață, contribuind la poluarea acestora.

O problemă de actualitate, atît pentru economisirea de reactivi costisitori, cît și pentru diminuarea poluării cu săruri solubile, o reprezintă adoptarea și punerea în funcțiune a instalațiilor de regenerare în contracurent sau în dublu flux.

Ca o problemă de perspectivă se impune intensificarea cercetărilor în vederea asimilării unor tehnologii nepoluante cu consumuri reduse de reactivi chimici, cum ar fi osmoza reversibilă. Această asimilare devine necesară deoarece în unele situații, în special pentru centralele nuclearo-electrice, instalațiile cu schimbători de ioni nu mai pot face față cerințelor calitative impuse apei tratate.

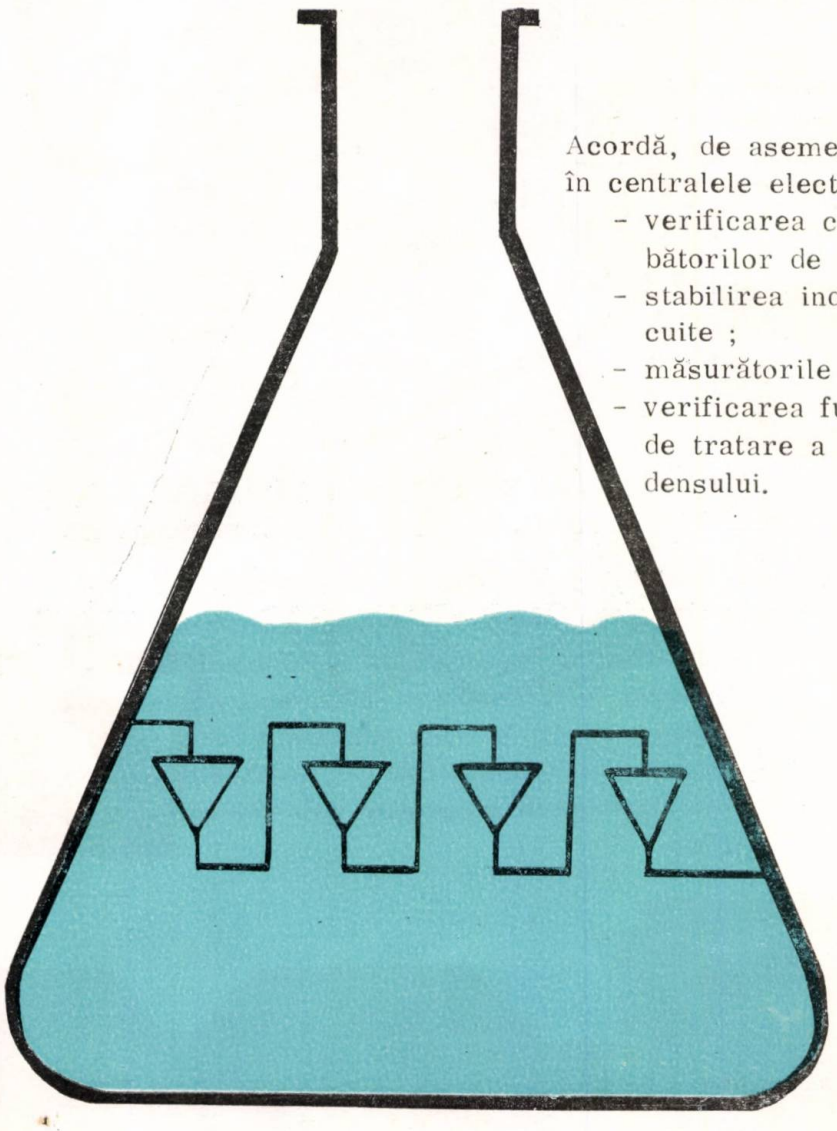
(Primit la 5 februarie 1985, acceptat la 6 februarie 1985)

ICEMENERG



SECTIA CERCETARI DE CHIMIE IN ENERGETICA, prin laboratorul pentru tratarea , apei, efectuează studii şi cercetări privind :

- noi tipuri de schimbători de ioni indigeni pentru centralele termoelectrice ;
- noi scheme şi tehnologii pentru tratarea apei ;
- reducerea consumurilor de reactivi în staţiile de tratare chimică din centralele termoelectrice ;
- optimizarea constructivă şi funcţională a echipamentelor staţiilor de tratare a apei;
- stabilirea regimului chimic optim pentru circuitul apei de alimentare a cazanelor şi pentru circuitul apei de răcire ;
- chimismul apelor geotermale şi schemele de tratare în vederea utilizării lor.



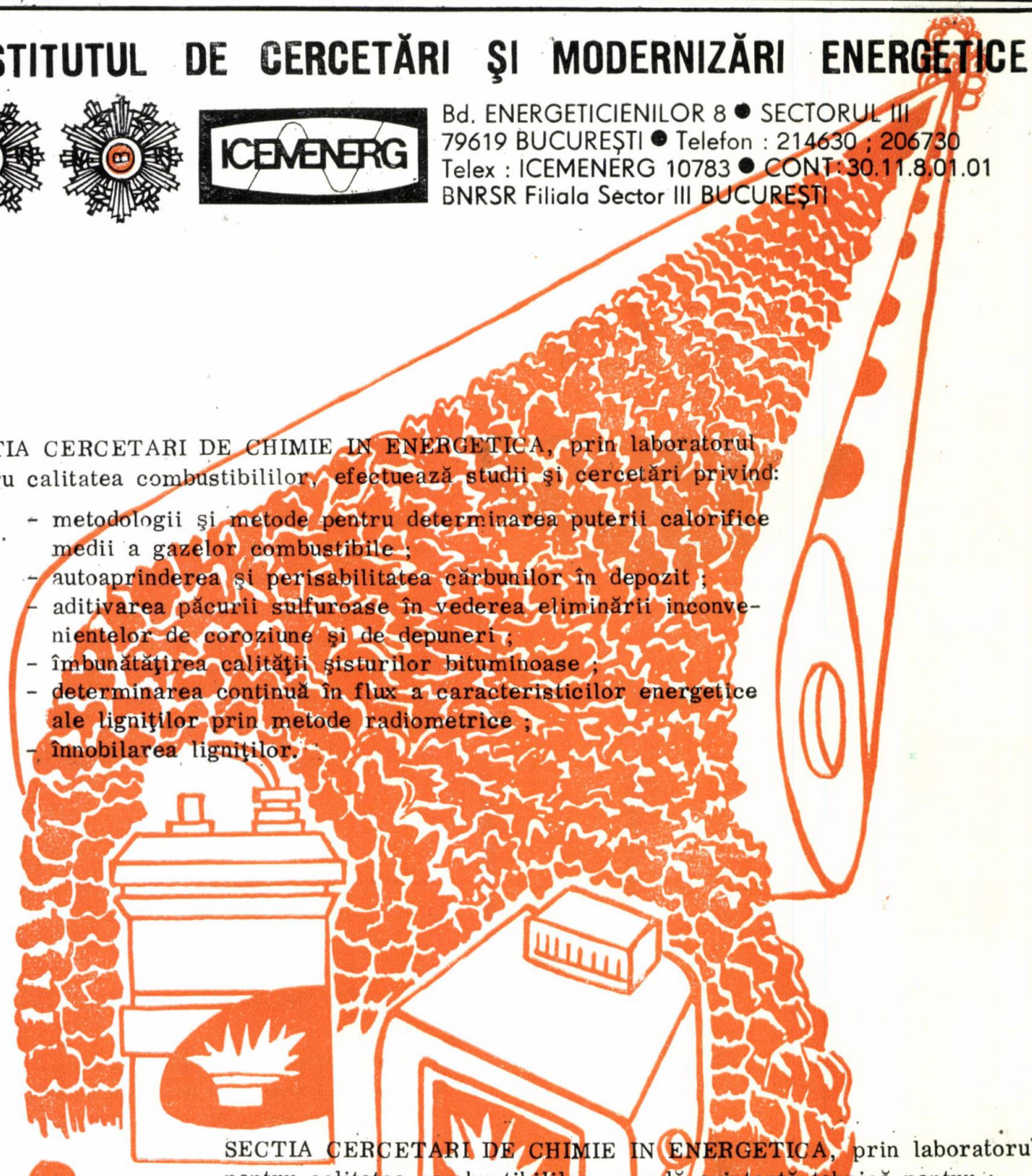
Acordă, de asemenea, asistenţă tehnică în centralele electrice privind :

- verificarea caracteristicilor schimbătorilor de ioni ;
- stabilirea indicilor chimici în circuite ;
- măsurătorile termochimice ;
- verificarea funcţionării instalaţiilor de tratare a apei şi tratarea condensului.

INSTITUTUL DE CERCETĂRI ŞI MODERNIZĂRI ENERGETICE

ICEMENERG

Bd. ENERGETICIENILOR 8 ● SECTORUL III
79619 BUCUREŞTI ● Telefon : 214630 ; 206730
Telex : ICEMENERG 10783 ● CONT: 30.11.8.01.01
BNRSR Filiala Sector III BUCUREŞTI



SECTIA CERCETARI DE CHIMIE IN ENERGETICA, prin laboratorul pentru calitatea combustibililor, efectuează studii şi cercetări privind:

- metodologii şi metode pentru determinarea puterii calorifice medii a gazelor combustibile ;
- autoaprinderea şi perisabilitatea cărbunilor în depozit ;
- aditivarea păcurii sulfuroase în vederea eliminării inconvenientelor de coroziune şi de depuneri ;
- îmbunătăţirea calităţii şisturilor bituminoase ;
- determinarea continuă în flux a caracteristicilor energetice ale ligniţilor prin metode radiometrice ;
- înnobilarea ligniţilor.

SECTIA CERCETARI DE CHIMIE IN ENERGETICA, prin laboratorul pentru calitatea combustibililor, acordă asistenţă tehnică pentru :

- constatatea calităţii combustibililor solizi ;
- prelevarea de probe reprezentative de combustibili din fluxul tehnologic al centralelor termoelectrice ;
- punerea în funcţiune a aparaturii de laborator necesară la prepararea şi analiza combustibililor ;
- arderea combustibililor în centralele termoelectrice în vederea omologării cazanelor sau definitivării soluţiilor tehnologice.

Instalația pilot pentru îmbogățirea lignitului de la CTE-Rovinari

Dr. chim. Maria Maftei, ing. Constantin Cuibac-Picu, tehn. chim. Victoria Dăneț*

Descriptori : CET, îmbogățire lignit, spălare

Introducere

La nivelul anului 1985, este prevăzut ca lignitul extras din carierele și minele din Oltenia, să asigure 83% din producția de energie electrică ce va fi realizată în centralele termoelectrice pe lignit, conform planului cincinal.

Bazinele carbonifere ale Olteniei furnizează lignit cu putere calorică variabilă la un palier scăzut, datorită, în principal, conținutului de steril, calitatea înrăutățindu-se de-a lungul anilor, pe măsură ce lignitul a fost exploatat. Utilizarea acestor sorturi de cărbune duce la o reducere a puterii pe centralele termoelectrice, creșterea cantității de hidrocarburi pentru susținerea flăcării în cazane, intensificarea uzurii utilajelor ș.a.

Aceste aspecte au impus pe prim plan îmbogățirea lignitului destinat centralelor termoelectrice.

În acest scop, la I.E. Rovinari a fost realizată o instalație pilot pentru experimentarea tehnologiei de îmbogățire a lignitului, care a rezultat ca optimă din studiile și cercetările efectuate de Institutul de Cercetări Hidrotehnice (ICH) și de ICEMENERG.

Proiectul de execuție al instalației pilot cu o capacitate de 150 tone lignit brut/oră a fost elaborat de ISPE și TCH, pe baza temei de proiectare întocmită de ICEMENERG și ICH.

Trustul de Antrepriză Generală Energoconstrucția (TAGEC) și Trustul de Antrepriză Generală Energomontaj (TAGEM) au executat partea constructivă și de montaj mecanic, electric și AMC ale instalației pilot. La realizarea instalației a mai colaborat un număr de 21 întreprinderi de profile diferite, printre care : UNIO Satu-Mare, IMMUM Baia Mare, Intreprinderea de pompe AVERSA București, Intreprinderea Energoreparații, secțiile Gura Văii și București, Electroputere Craiova, IUPS Botoșani, I.S. Balanța Sibiu, FEA București, IAMC Vaslui, IEPAM Bîrlad, ITRD-Pașcani, Electro-Mureș ș.a., care au contribuit prin furnizare de utilaje AMC ș.a., precum și prin asistență tehnică în timpul montajului, la punerea în funcțiune și experimentările pe tot parcursul anului 1984.

Exploatarea stației pilot a fost asigurată de I.E. Rovinari, printr-o formație de maistru + 17 muncitori ; această formație a colaborat și la experimentările efectuate de echipa de cercetare din ICEMENERG și ICH.

* Dr. chim. Maria Maftei, ing. Constantin Cuibac — Picu, tehn. chim. Victoria Dăneț sînt cercetători științifici la ICEMENERG.

1. Schema instalației pilot

Instalația pilot pentru îmbogățirea lignitului realizată la I.E. Rovinari are următorul flux tehnologic principal :

Sortarea uscată prin grătar cu bare rotative transversale, distanța între bare de 50 mm, capacitatea de circa 200 tone lignit brut/oră ; sortare umedă în ciururi vibratoare de inerție cu suprafața totală de 12 m², capacitatea de 90 tone/oră, fiecare cu sită cu $\varnothing_{ochi} = 25$ mm și o sită cu $\varnothing_{ochi} = 10$ mm și prevăzute cu instalație de spălare cu apă cu debit de 700 m³/oră ; hidrociclonare pe fracții granulometrice în patru linii tehnologice, prevăzute cu camere de încărcare, hidroelevatoare și hidrocicloane, capacitate între 25—38 tone/oră pe parte de cărbune și 125—750 m³/oră apă de proces cu presiunea între 8—12,7 atm ; eliminarea apei din fracțiile 10—25 mm și 25—50 mm prin ciur vibrator desecator cu capacitate de 90 tone lignit/oră și suprafața de separare de 14 m² ; eliminarea apei din fracțiile mici printr-o centrifugă industrială cu melc (import U.R.S.S.) cu sită de 3 mm, 600—700 rotații/minut la P = 60kW, diametrul interior al rotorului de 1350 mm.

Vehicularea lignitului între treptele tehnologice ale instalației pilot se face cu transportoare cu benzi de cauciuc sau racleți.

Alimentarea cu cărbune a instalației s-a realizat cu buldozerul sau cu lopata mecanică, iar alimentarea cu apă cu o stație de pompe cu debit total de 2000 m³/oră, apa fiind preluată din bazinul casei sitelor de la I.E. Rovinari.

2. Funcționarea instalației și producerea cărbunelui îmbogățit

Instalația pilot a fost proiectată pentru a prelua 150 tone lignit brut/oră. Pentru aceasta, alimentarea cu cărbune se face din depozitul I.M. Rovinari cu buldozerul pe transportorul cu racleți, care aduce apoi cărbunele pe banda B 1 spre grătarul cu bare rotative, fluxul tehnologic fiind în continuare cel arătat mai sus.

La probele de punere în funcțiune, precum și în timpul experimentărilor, capacitatea stației pilot, în condițiile de mai sus, a atins cifra de proiect.

În situația în care instalația nu a putut fi alimentată cu buldozerul (defecțiuni la transportorul cu racleți) s-a funcționat în varianta cu lopata mecanică, în care caz debitul de cărbune pe banda de alimentare este în medie de 35 tone/oră.

Ore de funcționare

1. Disponibilitatea stației a fost de 10 ore pe zi, conform proiectului, în lunile iunie-octombrie, avînd în vedere că instalația nu este prevăzută a lucra la temperaturi scăzute.
10 ore/zi × 25 zile/lună × 5 luni = 1250 ore de disponibilitate.

2. Întreruperi tehnologice (reglaje, măsurători cu stația oprită, modificări de părți de instalație ca urmare a experimentărilor, modificări la liniile de hidrociclonare, rectificări față de proiect și altele) 550 ore

3. Întreruperi pentru reparații (site și ciururi, transportor cu racleți, pompe electrice și altele) 350 ore

4. Întreruperi din cauze neprevăzute (lipsă apă pe rîul Jiu pentru alimentarea instalației, lipsă mijloace de încărcat: buldozer, lopată mecanică ș.a.) 100 ore

Total 1000 ore

5. Ore de funcționare:

1250 − 1000 = 250 ore

Cantitatea de cărbune îmbogățită

1. Alimentarea cu buldozerul pe transportorul cu racleți k 1:

— Capacitatea instalației: 120 tone lignit brut/oră, în medie

— Eliminarea sterilului prin spălare: 25% (în medie)

— Pierderi de cărbune fin în șlam: 5% (în medie)

— Ore de funcționare: 150 ore

— Creșterea puterii calorice Q_i^l=300 kcal/kg față de cărbunele brut

— Cărbune îmbogățit: 120 × 150 = 18 000 t.

18 000 − (18 000 × 0,3) = 12 6000 tone de cărbune îmbogățit produs în instalația pilot (1).

2. Alimentarea cu lopata mecanică direct pe transportorul cu bandă de cauciuc B 1:

— Capacitatea instalației: 35 tone lignit brut/oră, în medie

— Eliminare steril + pierderi de cărbune fin: 30%

— Ore de funcționare: 100 ore

— Cărbune îmbogățit produs: 35 × 100 = 3 500 tone

3500 − (3500 × 0,3) = 2450 tone cărbune îmbogățit produs în instalația pilot (2).

3. *Total* (*1* + *2*)

12 600 + 2450 = 15 050 tone de cărbune îmbogățit în 250 ore de funcționare a instalației pilot.

Concluzii

Prezentarea de față a avut drept scop de a arăta succint caracteristicile principale tehnologice și de funcționare ale instalației pilot pentru îmbogățirea lignitului, realizată, la inițiativa M.E.E., la I.E. Rovinari.

Experimentările efectuate în a doua jumătate a anului 1984 cu această instalație, după punerea ei în funcțiune la sfîrșitul semestrului I, îndreptățesc continuarea cercetărilor pentru definitivarea tehnologiei de îmbogățire a lignitului pe diferite sorturi de cărbune, din bazinul carbonifer Rovinari.

(Primit la 22 ianuarie 1985, acceptat la 9 februarie 1985)

Viteza de ardere a reziduului carbonos cu aplicație la sistemul bituminos de Anina

Ing. Ioana Goleșteanu*

Analiza termică a șistului bituminos de Anina concretizată prin trasarea derivatogramei, prezentată pe larg în lucrarea [1], permite să se obțină informații foarte utile cu privire la temperaturile la care încep și se sfîrșesc diversele faze prin care trece un combustibil solid în procesul de aprindere și ardere. Totodată, curbele $TG = f(\tau)$ și $T = f(\tau)$, trasate experimental, oferă posibilitatea stabilirii ecuațiilor diferențiale ale vitezei de transformare pentru fiecare fază. Pentru exemplificare, în cele ce urmează se prezintă metoda de determinare a ecuației diferențiale a vitezei de ardere a reziduului carbonos, care reprezintă faza finală a procesului de ardere a șistului bituminos de Anina.

Din curbele prezentate în derivatogramă, s-a precizat că procesul de ardere a reziduului carbonos începe la temperatura de 640° C și durează pînă la 1000°C. În acest interval de temperatură viteza de desfășurare a reacției chimice este cu mult mai mare decît viteza de difuziune a oxigenului la suprafața de reacție. În consecință, viteza întregului proces de ardere a reziduului carbonos va fi determinată de viteza de difuziune, care se poate stabili din expresia :

$$W_{dif} = \frac{dm}{d\tau} = \frac{FD}{\delta V}(m_\infty - m)^C, \text{ [g/s]} \qquad (1)$$

în care :

- F este suprafața de separație a fazelor, în cm²;
- δ — grosimea stratului prin care se face difuzia, în cm;
- m_∞ — masa totală a componentului (în cazul de față carbon fix) care reacționează, în g;
- m — masa componentului care a reacționat în timpul scurs de la începutul reacției, în g;
- D — coeficient de difuzie, în cm²/s;
- V — volumul, în cm³.

În cazul analizei termogravimetrice se realizează o încălzire dinamică, temperatura crește și deci în mod inevitabil va trebui să varieze și coeficientul de difuziune D. Dacă se acceptă :

$$D = D_0 T^B \qquad (2)$$

atunci ecuația (1) devine :

$$\frac{dm}{d\tau} = \frac{FD_0T^B}{\delta V}(m_\infty - m)^C, \qquad (3)$$

din care, prin logaritmare, se obține :

$$\lg \frac{dm}{d\tau} = \lg \frac{DF_0}{\delta V} + B \lg T + C \lg(m_\infty - m). \qquad (4)$$

Dacă se notează în continuare cu :

$$z = \lg \frac{dm}{d\tau}, \quad A = \lg \frac{FD_0}{\delta V}, \qquad (5)$$

$$x = \lg T \text{ și } \quad y = \lg(m_\infty - m),$$

atunci ecuația (4) capătă forma :

$$z = A + Bx + Cy. \qquad (6)$$

Pe baza curbelor $TG = f(\tau)$ și $T = f(\tau)$, trasate experimental, se pot evalua mărimile m și m_∞, iar dacă se admite o variație $\Delta\tau = 2{,}5$ min se pot stabili valorile Δm, T_n și T_{n+1} (fig. 1). Valorile acestor mărimi pot fi afectate de anumite erori inerente, sistematice sau aleatoare, care nu se pot prezice cu un grad rezonabil de certitudine.

Dacă se presupune că valorile tabelate ale lui z_i conțin erori statistice, care urmează o lege de repartiție normală, funcția cea mai probabilă este cea obținută considerînd că planul reprezentat de ecuația (6) este astfel ales, încît suma pătratelor abaterilor valorilor z_i din tabel față de valorile z obținute din (6) să fie cît mai mică posibil [2]. Altfel spus, trebuie să se facă minimizarea expresiei :

$$S = \Sigma(z_i - A - B x_i - C y_i)^2. \qquad (7)$$

Derivînd S în raport cu A, B și C și egalînd fiecare derivată parțială cu zero, se obțin cele

* Ing. Ioana Goleșteanu — Intreprinderea „23 August" — București.

Calcule necesare stabilirii ecuației diferențiale a vitezei de ardere a reziduului carbonos *Tabelul 1*

Nr. crt.	Δm g	$\Delta\tau$ min.	$\frac{\Delta m}{\Delta\tau}$	$z_i = \lg\frac{\Delta m}{\Delta\tau}$	$m_\infty - \Delta m$	$x_i = \lg(m_\infty - \Delta m)$	$\frac{T_n + T_{n+1}}{2}$	$y_i = \lg\frac{T_n+T_{n+1}}{2}$	$\Sigma x_i y_i$	Σx_i^2	Σy_i^2	$\Sigma x_i z_i$	$\Sigma y_i z_i$
1	4	2,5	1,6	0,2041	30	1,4771	$\frac{640+665}{2} = 652,5$	2,8146	4,1574	2,1818	7,9220	0,3015	0,5745
2	3	2,5	1,2	0,0792	26	1,4150	$\frac{665+687}{2} = 676$	2,8299	4,0043	2,0022	8,0083	0,1121	0,2241
3	2	2,5	0,8	−0,0969	23	1,3617	$\frac{687+712}{2} = 699,5$	2,8448	3,8738	1,8542	8,0929	−0,1319	−0,2757
4	2	2,5	0,8	−0,0969	21	1,3222	$\frac{712+735}{2} = 723,5$	2,8594	3,7807	8,1762	8,1762	−0,0128	−0,2771
5	2	2,5	0,8	−0,0969	19	1,2788	$\frac{735+757}{2} = 746$	2,8727	3,6736	1,6354	8,2524	−0,1239	−0,2784
6	3	2,5	1,2	0,0792	17	1,2304	$\frac{757+780}{2} = 768,5$	2,8856	3,5504	1,5139	8,3267	−0,0974	−0,2285
7	1,5	2,5	0,6	−0,2218	14	1,1461	$\frac{780+805}{2} = 792,5$	2,8990	3,3225	1,3135	8,4042	−0,2542	−0,6430
8	1,5	2,5	0,6	−0,2218	12,5	1,0969	$\frac{805+830}{2} = 817,5$	2,9125	3,1947	$1,20_{32}$	8,4827	−0,1249	−0,6460
9	2	2,5	0,8	−0,0969	11,0	1,0414	$\frac{830+857}{2} = 843,5$	2,9261	3,0472	1,0845	8,5621	−0,1009	−0,2835
10	2	2,5	0,8	−0,0969	9	0,9542	$\frac{857+880}{2} = 868,5$	2,9388	2,8042	0,9105	8,6365	−0,0925	−0,2848
11	1,5	2,5	0,6	−0,2218	7	0,8451	$\frac{880+905}{2} = 892,5$	2,9506	2,4936	0,7142	8,7060	−0,1874	−0,6544
12	1,5	2,5	0,6	−0,2218	5,5	0,7404	$\frac{905+927}{2} = 916$	2,9619	2,1930	0,5482	8,7729	−0,1642	−0,6569
13	1,0	2,5	0,4	−0,3979	4,0	0,6021	$\frac{927+950}{2} = 938,5$	2,9724	1,7897	0,3625	8,8352	−0,2396	−1,1827
14	1,0	2,5	0,4	−0,3979	3,0	0,4771	$\frac{950+977}{2} = 963,5$	2,9839	1,4236	0,2276	8,9037	−0,1898	−1,1873
15	2,0	2,5	0,8	−0,0969	2,0	0,3010	$\frac{977+1000}{2} = 988,5$	2,9950	0,9015	0,0906	8,9700	−0,0292	−0,2902
				$\Sigma z_i =$ −1,9019		$\Sigma x_i =$ 10,9485		$\Sigma y_i =$ 43,6472	$\Sigma x_i y_i =$ 41,2102	$\Sigma x_i^2 =$ 17,3904	$\Sigma y_i^2 =$ 127,05	$\Sigma x_i z_i =$ −1,3351	$\Sigma y_i z_i =$ −6,0899

trei ecuaţii normale în A, B şi C:

$$nA + (\Sigma x_i)B + (\Sigma y_i)C = \Sigma z_i, \quad (8)$$

$$(\Sigma x_i)A + (\Sigma x_i^2)\,B + (\Sigma x_i y_i)C = \Sigma x_i z_i, \quad (9)$$

$$(\Sigma y_i)A + (\Sigma x_i y_i)B + (\Sigma y_i^2)C = \Sigma y_i z_i, \quad (10)$$

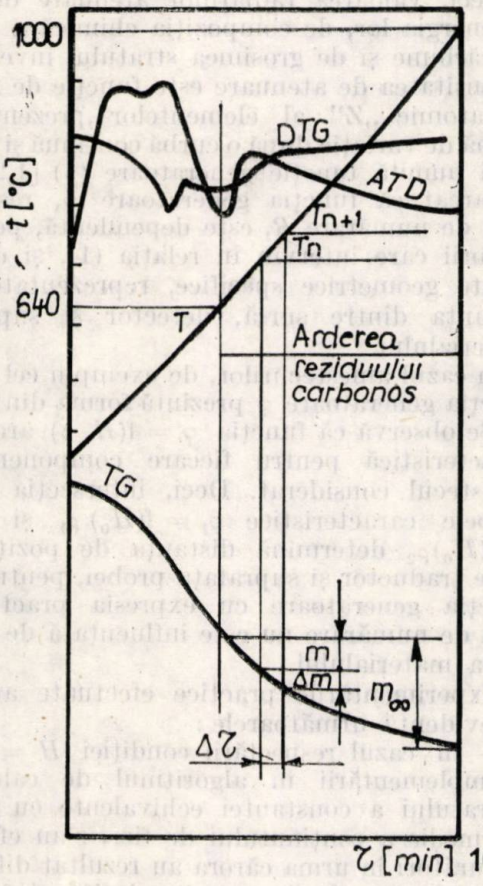


Fig. 1. Derivatograma şisturilor bituminoase de Anina.

în care $n = 15$ reprezintă numărul de intervale în care s-a divizat porţiunea de curbă *TG*, corespunzătoare perioadei de ardere a reziduului carbonos. Valorile expresiilor Σz_i, Σx_i, Σy_i, $\Sigma x_i y_i$, Σx_i^2, Σy_i^2, $\Sigma x_i z_i$ şi $\Sigma y_i z_i$ sînt calculate în tabelul 1.

Cu aceste valori sistemul de ecuaţii (8)—(10) ia forma:

$$15A + 10{,}9485\,B + 43{,}6472\,C + 1{,}9019 = 0 \quad (11)$$

$$10{,}9485\,A + 17{,}3904\,B + 41{,}2102\,C + 1{,}3351 = 0, \quad (12)$$

$$43{,}6472\,A + 41{,}2102\,B + 127{,}0518\,C + 6{,}0899 = 0. \quad (13)$$

Rezolvarea sistemului de ecuaţii lineare s-a făcut cu ajutorul determinanţilor şi a condus la următoarele rezultate:

$$A = -0{,}2744,\ B = -0{,}0598 \text{ şi } C = 0{,}0657.$$

Ca urmare, ţinînd seama de relaţia (5) rezultă:

$$A = \lg \frac{FD_0}{\delta V} = -0{,}2744 \text{ şi } \frac{FD_0}{\delta V} = 0{,}5316.$$

Ca atare, ecuaţia diferenţială a vitezei de ardere a reziduului carbonos din şisturile de Anina are expresia:

$$\frac{dm}{d\tau} = 0{,}5316\ T^{-0{,}0598}\,(m_\infty - m)^{,0{,}0657}$$

sau

$$\frac{dm}{(m_\infty - m)^{0{,}0657}} = 0{,}5316\ T^{-0{,}0598}\,d\tau. \quad (14)$$

Această ecuaţie, alături de datele experimentale obţinute cu privire la timpul de ardere a reziduului carbonos [3], poate constitui punct de plecare pentru dimensionarea corectă a focarelor pentru arderea şisturilor bituminoase de Anina.

Bibliografie

[1] Goleşteanu, I. *Analiza termică — o nouă metodă de investigare a comportării cărbunilor în procesul de ardere.* A XI-a Consfătuire a termoenergeticienilor din R.S. România, 1984.

[2] Wortjing, G. A., Geffner, I. *Prelucrarea datelor experimentale.* Ed. tehnică, Bucureşti, 1959.

[3] Carabogdan, I., Dămăceanu, E. *Consideraţii asupra caracteristicilor energetice ale şisturilor bituminoase din Banat.* Studii şi cercetări de energetică şi electrotehnică, nr. 2, tom 22, 1972, p. 253—265.

(Primit la 15 ianuarie 1985, acceptat la 9 februarie 1985)

Considerații asupra unor factori de influență în determinarea rapidă în flux a puterii calorifice inferioare a ligniților prin metoda radiometrică

Chim. Elena Săndulescu, ing. Constantin Spătaru*

Generalități

În lucrare se prezintă rezultatele experimentale obținute prin utilizarea complexului de măsură radiometric pentru determinarea conținutului de steril (A^t), implicit a conținutului caloric (Q_i^t).

Experimentările s-au efectuat în cadrul centralei termoelectrice Rovinari pe o instalație concepută și realizată de ICEMENERG cu furnitură radiometrică IFIN. Aparatura furnizată de IFIN a constat dintr-un traductor de cenușă și un bloc electronic pentru calculul și afișarea rezultatelor puterii calorice.

Complexul de măsuri în ansamblu realizează prelevarea probelor de cărbune (modulul 1), prepararea probelor (modulul 2) și măsurarea radiometrică a conținutului de steril (A^t) și a conținutului de apă (W_t^t) (modulul 3). Pe baza măsurării conținutului de steril și apă, un calculator electronic calculează și afișează valorile puterii calorifice inferioare (Q_i^t).

1. Considerații teoretice în interpretarea rezultatelor practice

Experimentările efectuate în flux au urmărit răspunsul practic al metodei în comparație cu rezultatele teoretice. În acest context, în prima fază s-a urmărit răspunsul aparatului la condiții de funcționare curentă (de exploatare), cît și în condiții de variație a factorilor de influență a metodei și anume:

— influența datorată dispozitivului experimental (distanța dintre sursa-detector și suprafața probei);

— influența datorată conținutului de fier din compoziția stratului.

În principiu, dacă se analizează din punct de vedere cantitativ, funcția de răspuns a aparatului este de forma:

$$I = k \cdot I_0 \cdot e^{-\mu_m \cdot \rho \cdot x}, \qquad (1)$$

unde:

I este intensitatea radiațiilor atenuate și măsurate de detector;
I_0 — intensitatea radiațiilor sursei;
k — constanta aparatului;
μ_m — constanta de material (de atenuare masică);
ρ — densitatea probei;
x — grosimea stratului de probă.

Deci, valoarea radiațiilor atenuate depinde de energia lor, de compoziția chimică a probei de cărbune și de grosimea stratului investigat. Intensitatea de atenuare este funcție de numărul atomic „Z" al elementelor ,prezentînd o formă de variație după o curbă continuă și monotonă numită funcție generatoare (φ) [1,2]. De remarcat că funcția generatoare φ, respectiv rata de numărare R, este dependentă, pe lîngă factorii care intervin în relația (1), și de elemente geometrice specifice, reprezentate prin distanța dintre sursă, detector și suprafața materialului.

În cazul amestecurilor, de exemplu cel binar, funcția generatoare φ prezintă forma din figura 1. Se observă că funcția $\varphi = f(H, \rho)$ are alură caracteristică pentru fiecare component din amestecul considerat. Deci, intersecția dintre curbele caracteristice $\varphi_1 = f(H_0)\,\rho_1$ și $\varphi_2 = f(H_0)\rho_2$ determină distanța de poziționare între traductor și suprafața probei, pentru care funcția generatoare cu expresia practică în rata de numărare nu este influențată de densitatea materialului.

Experimentările practice efectuate au scos în evidență următoarele:

— în cazul respectării condiției $H = H_0$ și al implementării în algoritmul de calcul al aparatului a constantei echivalente cu valoarea medie a conținutului de fier, s-au efectuat măsurători în urma cărora au rezultat diferențe reduse între valorile puterii calorifice inferioare indicate de aparatul radiometric și determinările clasice (tabelul 1, fig. 2). Diferențele față de metoda clasică se situează între −7 kcal/kg pînă la +25 kcal/kg;

— în aceleași condiții de corecție a fierului s-a micșorat distanța dintre traductor și

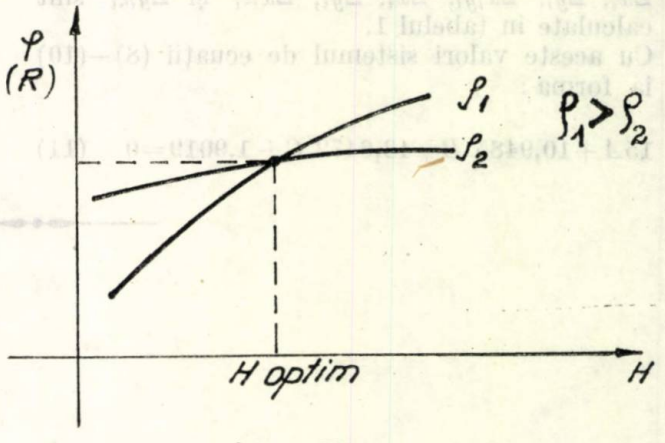


Fig. 1.

* Chim. Elena Săndulescu, ing. Constantin Spătaru lucrează la ICEMENERG

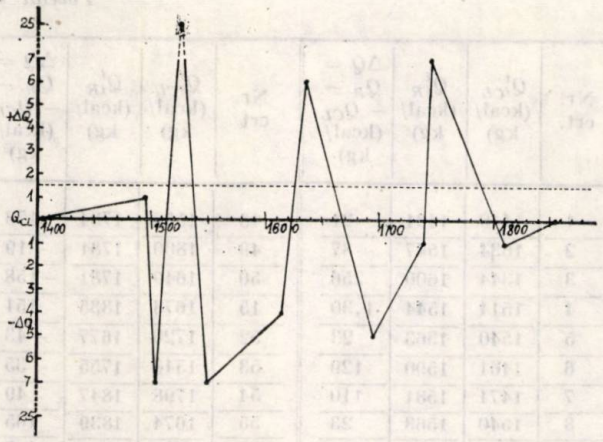


Fig. 2. $\Delta Q = Q_R - Q_{CL}$; $H = H_0$; Fe = Fe calibrare.

Tabelul 1

$H = H_0$; **Fe = Fe calibrare**

Măsurători clasice			Măsurători radiometrice			$\Delta Q = Q_R - Q_{CL}$ (kcal/kg)
A'(%)	W_t' (%)	Q_i^i (kcal/kg)	A^i (%)	W_t^i (%)	Q_t^i (kcal/kg)	
21,1	43,2	1746	21,2	43,4	1753	+7
21,1	43,2	1740	21,0	43,4	1739	−1
20,9	42,8	1810	19,1	44,3	1809	−1
18,0	45,2	1855	18,4	44,6	1855	0
20,9	44,5	1695	22,4	42,9	1690	−5
20,0	42,1	1512	27,2	40,8	1505	−7
28,3	40,4	1405	30,1	39,5	1405	0
29,3	38,9	1495	27,6	40,6	1496	+1
26,2	41,5	1525	26,1	41,3	1550	+25
25,6	41,6	1550	26,4	41,2	1543	−7
22,0	44,1	1635	23,7	42,3	1641	+6
22,3	44,1	1615	24,5	42,0	1611	−4
						14 :12 = 1,15

suprafaţa probei, $H < H_0$, pentru care se remarcă abateri sistematice pozitive (tabelul 2, fig. 3) cuprinse între 32—121 kcal/kg;

— rezultate similare s-au obţinut şi pentru cazul $H > H_0$, cu observaţia că abaterile sistematice s-au situat pe axa negativă.

Avînd în vedere cele prezentate în prima parte a lucrării, metoda de măsură se bazează pe principiul de identificare a elementelor din-

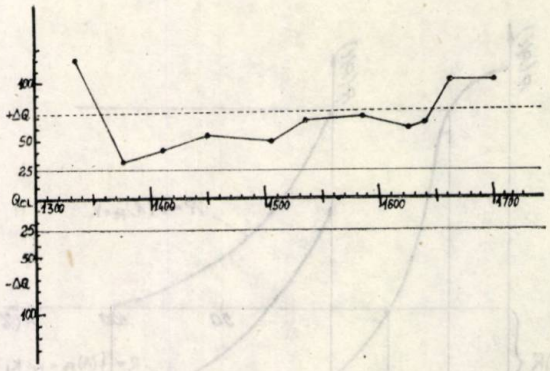


Fig. 3. $\Delta Q = Q_R - Q_{CL}$; $H < H_0$; Fe = Fe calibrare.

tr-un amestec. Conform cu aceasta, rădăcinile funcţiei generatoare φ sînt particulare fiecărui element.

Expresia grafică are forma din figura 4. Se cunoaşte că pentru determinarea puterii calorifice inferioare (Q_i^i) este necesar să se măsoare conţinutul de steril. Privită din punctul de vedere al metodei, expresia conţinutului de steril este determinată de elementele de pondere din amestec: carbonul (C), siliciul (Si).

Din figura 4 şi relaţia (1), în care $\mu_m = \frac{\sigma e Z R}{A}$, rezultă că prezenţa nedorită în conţinutul probei a unor elemente cu număr de

Tabelul 2

$H < H_0$; **Fe = Fe calibrare**

Măsurători clasice			Măsurători radiometrice			$\Delta Q = Q_R - Q_{CL}$ kcal/kg
A'(%)	W_t^i (%)	Q_i^i (kcal/kg)	A'(%)	W_t^i(%)	Q_i (kcal/kg	
23,9	42,1	1640	21,9	43,1	1705	+65
21,8	43,3	1700	19,3	44,8	1802	+102
20,3	45,4	1660	20,4	43,7	1761	+101
23,3	42,9	1625	22,5	42,8	1685	+60
22,7	44,2	1585	23,3	42,5	1655	+70
23,5	44,1	1535	24,7	41,9	1602	+67
25,8	42,3	1505	26,0	41,3	1554	+49
26,6	43,2	1450	27,4	40,7	1503	+53
28,3	41,2	1410	28,5	40,2	1462	+52
29,5	40,9	1375	30,0	39,6	1407	+32
28,9	41,8	1335	28,7	40,2	1456	+121
						772 :11 ≃ 70,1

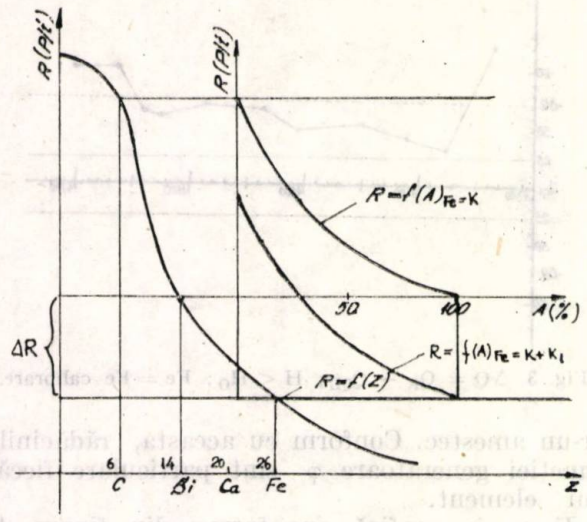


Fig. 4.

Tabelul 3

$H = H_0$; **Fe necunoscut**

Măsurători clasice			Măsurători radiometrice			$\Delta Q = Q_R - Q_{CL}$ (kcal/kg)
A^t (%)	W_t^t (%)	Q_t^t (kcal/kg)	A' (%)	W_t^t (%)	W_t^t (kcal/kg)	
21,9	43,6	1670	28,5	40,2	1462	−108
21,1	44,0	1700	24,22	42,1	1623	−77
24,1	39,8	1755	22,5	42,8	1683	−72
23,9	42,1	1640	22,1	43,0	1700	+60
20,1	44,4	1735	22,9	42,6	1668	−67
20,6	43,2	1725	23,0	42,6	1685	−40
20,6	43,8	1745	23,2	42,5	1657	−88
20,8	43,5	1760	20,0	43,9	1778	+18
22,6	43,0	1665	22,8	42,7	1672	+7
22,7	44,1	1595	24,5	42,0	1611	+16
23,7	42,9	1590	21,3	43,3	1729	+139
27,7	42,3	1405	26,7	41,0	1530	+125
25,2	43,4	1471	25,2	41,7	1581	+110
26,3	42,2	1495	27,5	40,9	1485	−10
24,9	41,8	1594	25,7	41,3	1540	−54
26,4	41,9	1490	30,7	39,3	1381	−109
22,9	41,9	1720	21,3	40,3	1730	+10
22,6	42,3	1735	19,7	44,0	1788	+53
						−5

Tabelul 4

Nr. crt.	Q_{iCL}^t (kcal/kg)	Q_{iR}^t (kcal/kg)	$\Delta Q = Q_R - Q_{CL}$ (kcal/kg)	Nr. crt.	Q_{iCL}^t (kcal/kg)	Q_{iR}^t (kcal/kg)	$\Delta Q = Q_R - Q_{CL}$ (kcal/kg)
1	1440	1461	21	48	1556	1734	178
2	1634	1547	−87	49	1800	1781	−19
3	1344	1600	256	50	1649	1781	−158
4	1514	1544	1,30	15	1678	1835	151
5	1540	1563	23	52	1720	1677	−43
6	1461	1590	129	53	1546	1755	35
7	1471	1581	110	54	1798	1847	49
8	1540	1563	23	55	1674	1839	165
9	1565	1555	−10	56	1760	1565	−195
10	1535	1555	20	57	1703	1689	−14
11	1450	1594	144	58	1656	1671	15
12	1402	1639	237	59	1511	1742	231
13	1556	1640	84	60	1536	1733	191
14	1629	1619	−10	61	1555	1722	161
15	1506	1525	19	62	1656	1701	45
16	1590	1531	−59	63	1623	1735	112
17	1572	1585	13	64	1577	1668	91
18	1629	1566	−63	65	1614	1794	180
19	1587	1640	53	66	1565	1738	173
20	1575	1626	51	67	1550	1695	145
21	1571	1530	−41	68	1533	1679	146
22	1479	1606	127	69	1614	1831	211
23	1527	1641	114	70	1576	1731	155
24	1600	1532	−68	71	1670	1766	96
25	1629	1576	−53	72	1665	1598	−67
26	1660	1572	−88	73	1544	1668	124
27	1672	1648	−24	74	1639	1603	−36
28	1539	1637	98	75	1538	1709	171
29	1360	1670	310	76	1494	1653	139
30	1565	1615	50	77	1463	1664	201
31	1587	1576	−11	78	1588	1755	167
32	1522	1619	97	79	1618	1737	119
33	1463	1610	147	80	1565	1609	44
34	1548	1629	81	81	1700	1706	6
35	1487	1650	163	82	1576	1718	142
36	1543	1656	113	83	1586	1698	112
37	1445	1589	144	84	1616	1750	134
38	1628	1610	−18				
39	1562	1598	36				$\frac{\Sigma}{n} =$
40	1494	1675	181				$=82{,}09$
41	1561	1668	107				
42	1620	1715	95				
43	1620	1734	114				
44	1674	1636	−38				
45	1540	1873	333				
46	1740	1761	21				
47	1580	1763	183				

masă mai mare decît al siliciului, determină prin coeficientul de atenuare masică (μ_m) pentru un raport C/Si dat, micşorarea rădăcinilor ecuaţiei φ, deci a ratei de numărare (R). Este cunoscut faptul că în compoziţia lignitu-

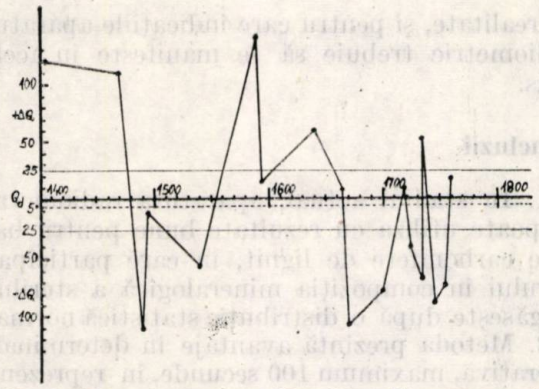


Fig. 5. $\Delta Q = Q_R - Q_{CL}$; $H = H_O$; Fe necunoscut.

lui se găsesc în proporții variabile elemente cu numere de masă diferite (H^1, C^6, N^7, O^8, N^{11}, Al^{13}, Si^{14}, S^{16}, K^{19}, T^{22}, V^{23}, Mn^{25} și Fe^{26}).

Dintre toate aceste elemente cu număr de masă mare și cu variații pronunțate ale distribuției în masă a lignitului este fierul (Fe). Această situație este mai dificilă în cazul determinărilor dinamice, de flux.

Din analizele efectuate pe granule diferite din conținutul aceleiași probe au rezultat valori diferite ale conținutului de fier. Prin urmare, se înțelege că fără o cunoaștere imediată a participației fierului din compoziția probei (odată cu investigarea radiometrică) valorile de raport măsurate (C, Si) vor diferi de la valoarea reală (vezi fig. 4) curba $R = f(A)_{Fe} = K + K_1$.

Din rezultatele practice obținute (tabelul 3, fig. 5) se observă că, chiar pe valori mediate pe parcursul a 15 minute, diferențele de valori între puterile calorifice determinate radiometric și clasic sînt relativ mari, între +139 kcal/kg și −108 kcal/kg.

În condițiile alimentării centralei termoelectrice Rovinari cu mai multe sorturi de cărbune provenit din mai multe cariere, au rezultat abateri ale indicațiilor aparatului radiometric față de determinările clasice pe o plajă mai mare de valori (abateri pozitive și negative ale valorilor față de metoda clasică — tabelul 4, fig. 6). Abaterile se situează între −195 și + 333 kcal/kg. Acest fapt se poate explica prin influența diferită a conținutului de fier pentru diferitele cariere.

S-a observat că, în cazul alimentării cu cărbune dintr-o singură carieră și mergînd pe timpi de mediere mai mari, eroarea scade. Conținutul de fier variază de la o carieră la alta în limite restrînse de circa 1—2 procente.

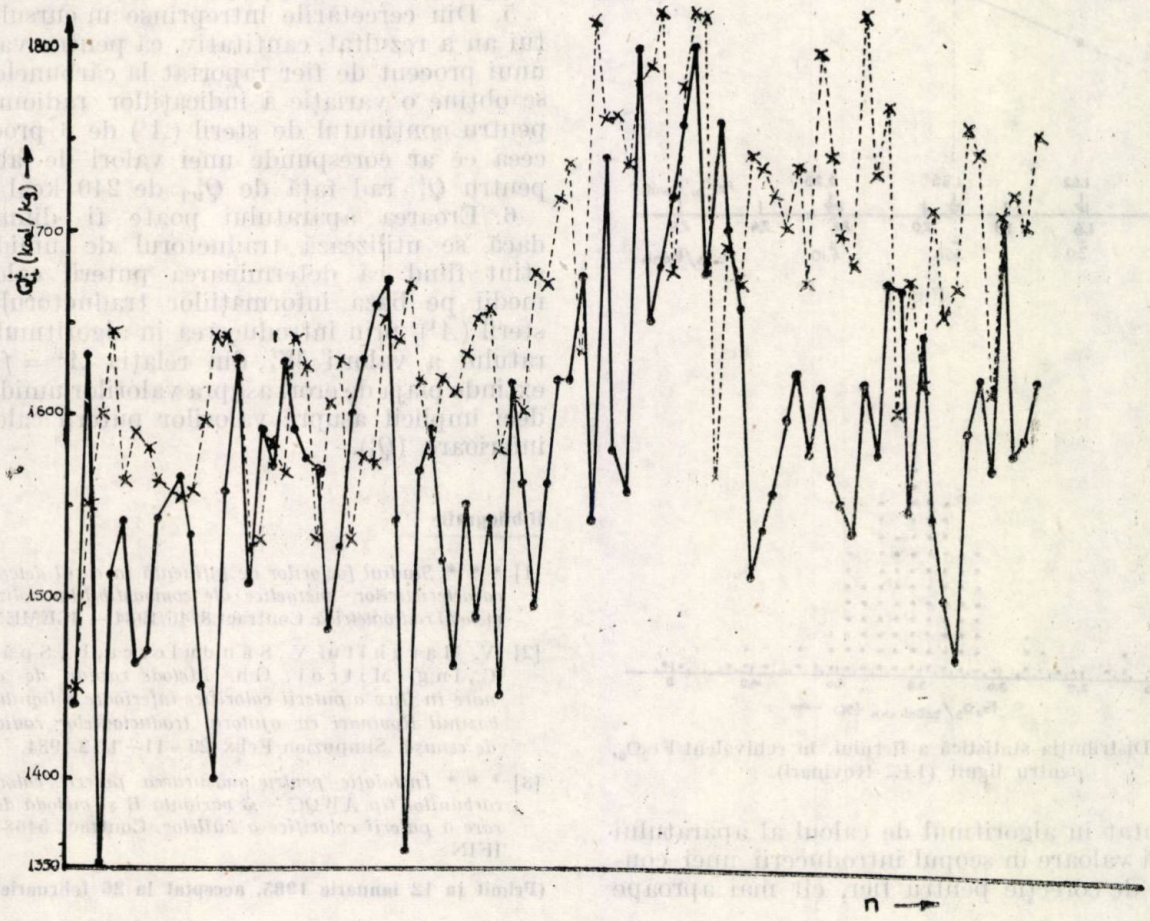


Fig. 6.

În cazul efectuării experimentărilor pe probe cu conținut de fier cunoscut s-a demonstrat atît calitativ, cît și cantitativ, aportul de influență al fierului în măsurătorile radiometrice.

Din experimentările efectuate în laborator s-a observat că indicațiile aparatului radiometric sînt eronate liniar (—) sau (+) cu creșterea (scăderea) liniară a conținutului de fier. A rezultat că, la o variație a fierului de un procent, indicațiile aparatului radiometric pentru măsurarea conținutului de steril (A^i) sînt eronate cu șase procente. Aceste abateri se reprezintă simetric față de valoarea factorului de corecție corespunzător participației fierului și pentru care abaterile sînt nule (fig. 7).

Prin cercetările întreprinse în scopul stabilirii distribuției fierului pe bazinul Rovinari (fig. 8) s-a evidențiat o distribuție statistică normală în jurul valorii de 3,56 procente a conținutului de fier raportat la cărbunele anhidru. Avînd în vedere această situație, s-a implementat în algoritmul de calcul al aparatului această valoare în scopul introducerii unei constante de corecție pentru fier, cît mai aproape de realitate, și pentru care indicațiile aparatului radiometric trebuie să se manifeste în același sens.

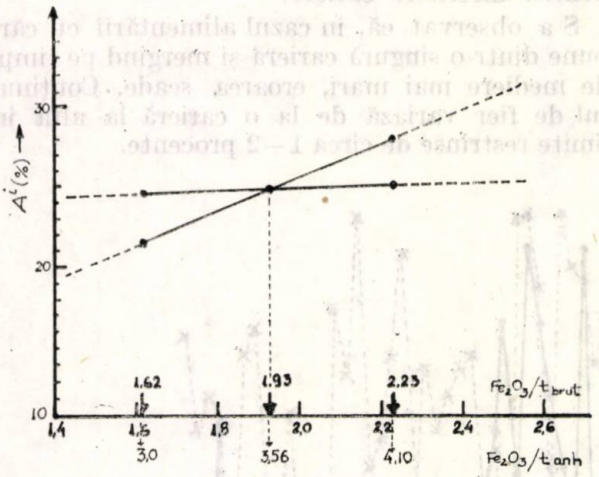


Fig. 7.

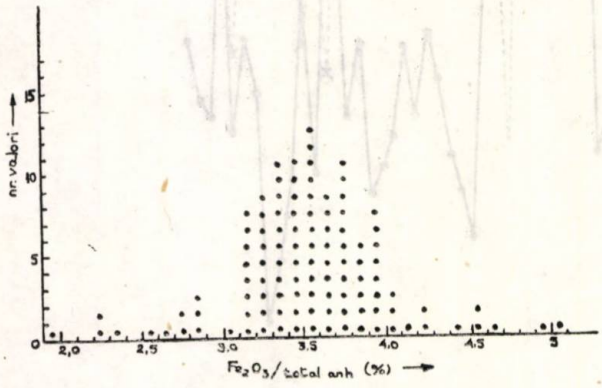


Fig. 8. Distribuția statistică a fierului, în echivalent Fe_2O_3, pentru lignit (I.E. Rovinari).

Concluzii

1. În stadiul actual, aparatura radiometrică se poate utiliza cu rezultate bune pentru bazinele carbonifere de lignit, în care participația fierului în compoziția mineralogică a sterilului se găsește după o distribuție statistică normală.

2. Metoda prezintă avantaje în determinarea operativă, maximum 100 secunde, în reprezentativitatea maximă a valorilor și în posibilitățile de realizare a automaticii proceselor tehnologice.

3. Rezultatele obținute au demonstrat necesitatea îmbunătățirii metodei discontinue de laborator care nu se poate înscrie în precizia aparatelor de uz industrial.

4. Față de metoda discontinuă de laborator, metoda radiometrică în flux de determinare a puterii calorifice inferioare prezintă avantaje nete, în sensul că modul de calcul impus în algoritmul aparatului (medierea pe timpi lungi), micșorează substanțial abaterile valorilor individuale pentru puterea calorică inferioară, apropiindu-se de valoarea abaterii medii pătratice ($\pm$) a metodei clasice [3] ($Q^i_{iCL} = \pm 82$ kcal/kg; $Q^i_{iR} = \pm 64$ kcal/kg).

5. Din cercetările întreprinse în cursul acestui an a rezultat, cantitativ, că pentru variația unui procent de fier raportat la cărbunele brut se obține o variație a indicațiilor radiometrice pentru conținutul de steril (A^i) de 6 procente, ceea ce ar corespunde unei valori de abatere pentru Q^i_i rad față de Q^i_{iCl} de 240 kcal/kg.

6. Eroarea aparatului poate fi diminuată dacă se utilizează traductorul de umiditate, știut fiind că determinarea puterii calorifice medii pe baza informațiilor traductorului de steril (A^i), prin introducerea în algoritmul aparatului a valorii W^i_t din relația $A^i = f(W^i_t)$, extinde plaja de erori asupra valorilor umidității, deci implicit asupra valorilor puterii calorifice inferioare (Q^i_i).

Bibliografie

[1] * * * *Studiul factorilor de influență în cazul determinării caracteristicilor energetice ale combustibililor solizi prin metoda radiometrică.* Contract 8146/1984 — ICEMENERG.

[2] V. Marghitu, V., Săndulescu, E., Spătaru, C., ing. Mitroi, Gh. *Metode rapide de determinare în flux a puterii calorifice inferioare a lignitului din bazinul Rovinari cu ajutorul traductoarelor radiometrice de cenușă.* Simpozion Felix 29—11—1.12.1984.

[3] * * * *Instalație pentru măsurarea puterii calorifice a cărbunilor tip AWQC — 3 varianta B și metodă de măsurare a puterii calorifice a huilelor.* Contract 5468/1984—IFIN

(Primit la 12 ianuarie 1985, acceptat la 26 februarie 1985)

Determinarea continuă a puterii calorifice a gazelor combustibile

Chim Ioan Ifrim*

Descriptori: CET, gaze combustibile, determinări de putere calorifică în flux

Odată cu creşterea consumului de gaze combustibile, reţelele de transport şi distribuţie s-au extins şi au devenit din ce în ce mai complexe, atît prin creşterea numărului şi ponderii consumatorilor, cît şi prin creşterea numărului de surse de gaze combustibile.

Astfel, gazelor naturale uscate (gaz metan de o puritate deosebită), principalul combustibil gazos din ţara noastră, li se adaugă gaze de sondă cu compoziţii diferite de la zăcămînt la zăcămînt, precum şi gaze de prelucrare foarte deosebite din punctul de vedere al compoziţiei — deci şi al puterii calorifice — de la aşa-numitele gaze îmbogăţite de instalaţiile de piroliză pînă la aşa-numitul gaz sărac de la instalaţiile de fabricare a acetilenei.

Compoziţia gazelor distribuite, deci şi puterea lor calorifică, a devenit astfel diferită de la reţea la reţea, dar şi variabilă în timp în acelaşi punct al reţelei, la acelaşi beneficiar, situaţie dovedită şi de analizele efectuate în centralele electrice.

Este evident, că o singură determinare zilnică a puterii calorifice, aşa cum se face acum, devine insuficientă pentru calculul aportului energetic, datorită nereprezentativităţii mostrei de gaz analizată.

Pentru o măsurare exactă a aportului energetic al gazelor combustibile, în numeroase ţări puterea calorifică a gazelor combustibile este determinată prin metode continue, utilizîndu-se calorimetre înregistratoare.

Spre deosebire de calorimetrele de laborator la care puterea calorifică se determină măsurînd cantitatea de căldură cedată de un volum determinat de gaz ce arde unei cantităţi măsurate de apă, în calorimetrele înregistratoare gazul arde continuu şi cedează căldura de ardere unui fluid de răcire (apă sau aer), debitul gazului şi al fluidului fiind într-un raport strict determinat. Puterea calorifică superioară determinată pe baza raportului de debite şi a creşterii de temperatură a fluidului de răcire se afişează şi se înregistrează continuu. Un dispozitiv special face automat corecţiile de stare sau afişează factorul de corecţie pentru condiţiile normale de presiune şi temperatură.

Pentru calculul puterii calorifice inferioare se colectează şi se măsoară apa de condens.

Precizia determinării este condiţionată de menţinerea cît mai constantă şi la o valoare optimă a raporturilor debit gaz-debit aer de combustie şi debit gaz-debit fluid de răcire, precum şi de precizia măsurării creşterii de temperatură a apei sau a aerului de răcire şi de etalonarea corectă a aparatului.

Aplicarea unei astfel de metode de analiză în condiţiile utilizării unor calorimetre înregistratoare fiabile şi precise, prezintă avantajul cunoaşterii şi înregistrării puterii calorifice a gazului combustibil în orice moment. Apelînd la posibilităţile oferite de electronică şi prelucrînd semnalele de la dispozitivele de măsurare a debitului de gaz consumat se realizează în final o măsurare precisă a energiei calorice livrate.

Date suficient de precise privind puterea calorifică medie a gazului livrat (consumat), într-un anumit interval de timp se pot obţine şi în cazul utilizării unor metode de determinare discontinuă a puterii calorifice (calorimetrie sau gazocromatografie) prin mărirea gradului de reprezentativitate a volumului de gaz analizat.

Aceasta se poate asigura prin prelevarea continuă de gaz combustibil, în vederea obţinerii unei probe medii.

Debitul de prelevare a gazului poate fi menţinut constant, în cazul unui consum relativ constant în timp, sau poate fi corelat cu debitul gazului consumat, în cazul unor variaţii importante ale acestuia.

Determinarea continuă a puterii calorifice a gazelor combustibile în calorimetre înregistratoare, sau analizarea în laborator a unor probe medii de gaz, sînt metode alternative, care, corelate cu o precisă măsurare a debitului de gaz consumat, pot asigura calcularea cu precizie a energiei calorice furnizate de gazele combustibile.

* Chim. Ioan Ifrim lucrează la ICEMENERG.

(Primit la 15 ianuarie 1985, acceptat la 17 ianuarie 1985)

Utilizarea lubrifianților greu inflamabili

Ing. Ștefan Pantu*

Descriptori: CET, ulei turbină, greu inflamabil

Generalități

Condițiile de lucru ale turbinelor, în special presiunile ridicate, contribuie la micșorarea siguranței în exploatare, constituind o permanentă sursă potențială de avarii în cazul utilizării fluidelor lubrifiante de natură minerală.

Uleiurile minerale, care dau bune rezultate în sistemele de ungere și reglaj, prezintă marele dezavantaj că sînt combustibile, autoaprinzîndu-se la temperaturi de 400—425°C.

Datorită apariției unor neetanșeități în sistemele de ungere și reglaj, uleiul poate ajunge (prin scurgere sau prin jeturi de mare presiune) în contact cu suprafețele fierbinți, cum ar fi țevile de abur viu. Aceste țevi au izolația termică realizată din vată minerală, material termoizolant cu efect catalitic deosebit de puternic asupra reacției de autoaprindere a uleiului. Datorită suprafeței specifice foarte mari, vata minerală coboară temperatura de autoaprindere a uleiului cu cel puțin 80°C.

Utilizarea fluidelor lubrifiante greu inflamabile în asemenea condiții de lucru este justificată prin creșterea siguranței în exploatare la diverse utilaje, cum ar fi: compresoare de aer, compresoare pentru turbine cu gaze, instalații de pompare a gazelor naturale, sistemele de ungere și reglaj ale turbinelor cu abur sau cu gaze.

1. Tipuri de lubrifianți greu inflamabili utilizați pe plan mondial

În ultima perioadă se constată o utilizare accentuată în toate domeniile a uleiurilor cu inflamabilitate redusă.

Cercetările pe plan mondial au urmărit obținerea uleiurilor greu inflamabile cu rezistență bună la ardere, dar cu proprietăți de lubrifiere și anticorosive corespunzătoare.

S-a stabilit astfel o clasificare a uleiurilor greu inflamabile în funcție de viscozitate, deosebindu-se patru tipuri principale (tabelul 1) [1, 2, 3].

Cauza principală care limitează introducerea uleiurilor greu inflamabile în industria minieră, electrotehnică și energetică este prețul de cost. Factorul de preț pentru diferite uleiuri cu inflamabilitate redusă este dat în tabelul 2 [4].

* Ing. Ștefan Pantu lucrează la ICEMENERG.

Tabelul 1

Clasificarea uleiurilor greu inflamabile în funcție de viscozitate

Denumirea		Caracteristici
engleză sau franceză	germană	
THI-A	HS-A	Emulsie de ulei în apă (maximum 20% apă). Temperaturi de utilizare: 5—65°C
THI-B	HS-B	Emulsie de apă în ulei (maximum 60% apă). Temperaturi de utilizare: 5—65°C
THI-C	HS-C	Soluții apoase de glicoli (maximum 40% apă). Temperaturi de utilizare: —20°C—+65°C
THI-D	HS-D	Fluide sintetice pe bază de esteri fosforici sau hidrocarburi clorurate. Temperaturi de utilizare: —20—+150°C

Tabelul 2

Factorul de preț pentru diferite uleiuri cu inflamabilitate redusă

Tip ulei	Factor preț
Ulei mineral	1
Emulsii ulei-apă, apă-ulei	1,2
Soluții apoase de glicoli	2,6
Hidrocarburi clorurate	4
Esteri fosforici	6

Emulsiile de apă-ulei sau ulei-apă au o bună rezistență la aprindere, dar prezintă dezavantajul limitării temperaturii de lucru la 65° și al stabilității mici la stocare.

Soluțiile apoase de glicoli conțin apă și etilenglicol sau polialchil glicoli, înnobilate cu aditivi ce măresc rezistența filmului lubrifiant și micșorează coroziunea în fază lichidă și gazoasă. Avantajul acestor soluții constă în viscozitatea satisfăcătoare, dar dezavantajele

sînt mai numeroase: limitarea temperaturii de lucru, posibilitatea separării fazelor, cost ridicat pentru exploatare.

Esterii fosforici sînt scumpi şi toxici, totuşi în ultima vreme aceşti produşi au fost realizaţi cu o toxicitate mai mică, ca urmare a unei purificări foarte avansate, iar preţul lor a scăzut prin amestecare cu produse petroliere.

Hidrocarburile clorurate conţin 25—50% clor, au stabilitate termică bună şi inflamabilitate redusă, dar datorită toxicităţii mari se urmăreşte utilizarea lor în amestec cu produse petroliere [5, 6, 7, 8].

2. Posibilităţi de utilizare în ţară a lubrifianţilor greu inflamabili

La noi în ţară nu se produc esteri fosforici. În anii trecuţi cercetările de laborator nu au dat rezultate bune, obţinîndu-se esteri fosforici foarte toxici ca urmare a lipsei de materii prime corespunzătoare şi a costului foarte ridicat al proceselor de purificare.

Deoarece la Combinatul Chimic Rîmnicu Vîlcea şi Combinatul Chimic Borzeşti se produc hidrocarburi clorurate ar fi necesar ca cercetările să fie îndreptate către obţinerea unor amestecuri de fracţii petroliere cu hidrocarburi clorurate.

Bibliografie

[1] Goodman, N. C. *Folosirea fluidelor hidraulice necombustibile-Coal.* In: Age, S.U.A., vol. 71, nr. 9., 1950.
[2] Gunduson, R., Host, A. *Synthetic Lubricants.* Reinhold Publishing Comp., New-York, 1962.
[3] * * * *Experience with fire resistent hidraulic fluids.* Prospect. Shell International Petrol Company Limited, London, 1970.
[4] Jones, S. F. *Fluide hidraulice cu referire specială la tipurile rezistente la foc.* Electrical and Mechanical Engineering, Anglia, vol. 47, nr. 553, 1966.
[5] Eric, R. *Lubrication and lubricants,* 1969.
[6] Johnson, J. C. *Synthesis and applications,* Ed. New-Jersey, 1975.
[7] Hetushill, D. *Antriebe Technik,* 1977.
[8] * * * *CECA — Troisieme raport. Specificaţii şi condiţii pentru lichide greu inflamabile utilizate pentru transmisii mecanice.* Luxemburg, oct. 1967.

(Primit la 28 ianuarie 1985, acceptat la 30 ianuarie 1985)

Realizarea în ţară a uleiurilor electroizolante aditivate

Ing. Alexandra Popescu*

Descriptori: CET, transformatoare electrice, ulei aditivat antioxidant

În condiţiile actuale de utilizare a uleiurilor electroizolante, compoziţia chimică a acestora obţinută prin metodele clasice de fabricaţie nu mai răspunde performanţelor ridicate impuse uleiurilor.

Studiile efectuate asupra oxidării hidrocarburilor au condus la utilizarea unor aditivi chimici specifici, care permit îmbunătăţirea calităţii uleiurilor.

Aditivii utilizaţi pe scară mondială favorizează păstrarea îndelungată a calităţii uleiului şi conţin, în general, un inhibitor de oxidare. Utilizarea uleiurilor de bază cu o bună stabilitate la oxidare, arată faptul că după consumarea aditivului, uleiul se comportă în continuare satisfăcător.

În cadrul măsurilor ce se studiază pentru stabilirea soluţiilor tehnice în introducerea tensiunilor înalte în sistemul energetic naţional, se înscriu preocupările privind stabilirea, prin cercetări, a condiţiilor de realizare în ţară a uleiurilor electroizolante aditivate antioxidant, în cadrul posibilităţilor tehnologice şi de materii prime existente actualmente în ţară.

Importanţa acţiunii a devenit însemnată în actuala criză de hidrocarburi prin aditivarea antioxidantă a uleiului, obţinîndu-se o îmbunătăţire a stabilităţii la oxidare de minimum 3 ori şi implicit mărirea duratei de utilizare a uleiului.

Paralel cu preocupările privind aditivarea uleiului electroizolant din trafo de distribuţie, în exploatare s-au efectuat cercetări experimentale privind stabilirea condiţiilor de realizare în ţară a unui nou sort de ulei de calitate superioară.

Cercetările experimentale au rezolvat următoarele probleme:

1. *Obţinerea unor probe de uleiuri de bază prin diferite tehnologii aplicabile în ţară.*

Astfel, drept uleiuri de bază s-au utilizat sorturi fabricate la Rafinăria Ploieşti prin tehnologia de rafinare acidă, hidrofinare şi solventare cu furfurol.

2. *Studierea unor substanţe din producţia internă cu rol de antioxidanţi*: fenil-, -naftil amină, -naftol, difenilamină.

Drept substanţă de referinţă s-a utilizat topanolul, utilizat în practica mondială a fabricării uleiurilor electroizolante aditivate antioxidant.

* Ing. Alexandra Popescu lucrează la ICEMENERG

3. *Cercetarea privind obținerea sinergismului ulei-aditiv.*

Drept criterii de apreciere a îmbunătățirii uleiului s-au considerat :

— perioada de inducție la oxidare determinată prin oxidarea forțată a uleiului la 140°C în prezență de cupru metalic și sub presiune de oxigen ;

— panta de variație a consumului de aditiv, în timpul determinării stabilității la oxidare CEI (STAS 6798/63).

4. *Lămurirea prin experimentări a comportării uleiurilor aditivate, în prezența unor materiale utilizate în construcția transformatoarelor moderne*

Din examinarea datelor obținute se pot trage următoarele concluzii :

a) Toate uleiurile de bază studiate, prin aditivare cu 0,2—0,3% topanol, realizează valoarea de 195 minute impusă pentru perioada de inducție, în acest caz prezentînd valoarea de 320 minute. Datele obținute au condus la concluzia considerării procentului de 0,2% topanol drept referință.

Din indicațiile primite din partea MICh, menționăm faptul că actualmente în țară nu există bază de materie primă și tehnologică de fabricare a acestui antioxidant.

b) Rezultatele au evidențiat acțiunea de inhibare antioxidantă net superioară, pe care o prezintă FBN, fenil-, -naftil amina, față de celelalte substanțe.

Susceptibilitatea uleiului de bază față de FBN crește în ordinea : ulei hidrofinat, ulei obținut prin rafinare, adică ulei fabricat pentru Siemens, și ulei solventat.

Se evidențiază în mod deosebit susceptibilitatea pe care o prezintă uleiul solventat la aditivare cu FBN, perioada de inducție la oxidare prezentînd valoarea de 600 minute. Utilizarea metodei CEI pentru determinarea acestei caracteristici a pus în evidență îmbunătățirea deosebită a stabilității la oxidare a uleiului solventat aditivat cu FBN, obținîndu-se valoarea de 300 ore (valoare în concordanță cu uleiuri de foarte bună calitate).

Considerînd (pe baza cercetărilor din cadrul ICEMENERG) că uleiul aditivat este corespunzător în cazul în care antioxidantul se consumă 50% după 164 ore oxidare forțată, conchidem că susceptibilitatea la oxidare crește în ordinea : ulei rafinat acid, ulei Siemens, ulei solventat.

Uleiul hidrofinat prezintă cel mai redus sinergism cu inhibitorul utilizat.

c) Experimentările privind interacțiunea ulei aditivat cu FBN — materiale utilizate în construcția transformatoarelor, au pus în evidență faptul că rezistența uleiului la acțiunea materialelor considerate, crește în ordinea : ulei rafinat acid, ulei hidrofinat, ulei solventat.

d) Sinergismul ulei-aditiv, pentru toate categoriile studiate, s-a obținut pentru uleiul de bază solventat, aditivat cu 0,3% FBN, care se propune a fi fabricat și utilizat drept ulei electroizolant de calitate superioară.

Menționăm faptul că uleiul aditivat cu 0,3% FBN nu prezintă nici o acțiune nocivă la manipulare, produsul FBN fiind utilizat în mod curent în industria cauciucului (în proporție de 2%).

În tabelul 1 se dau valorile obținute pentru stabilitatea la oxidare a uleiurilor aditivate.

În tabelul 2 se dau rezultatele obținute privind comportarea dielectrică a uleiurilor proaspete și oxidate.

Rezultatele pun în evidență comportarea bună a uleiului solventat cu furfurol și aditivat cu FBN, comparabilă cu cea a uleiului aditivat cu topanol.

Componentul FBN, inhibînd reacțiile de oxidare ale uleiului, îmbunătățește și comportarea sa dielectrică după oxidare. Subliniem obținerea sinergismului : ulei FBN — 2% mate-

Tabelul 1

Stabilități la oxidare după STAS 6798/63

Caracteristici ulei	Condiții limită	Ulei rafinat	Ulei Siemens	Ulei solventat	Ulei hidrofinat
Ulei neaditivat					
— acțiune organică, mgKOH/g	max. 0,35	0,20	0,18	0,20	0,17
— reziduu, % greutate	max. 0,1	0,06	0,042	0,034	0,06
— tg δ la 90°C	150	125×10^{-3}	62×10^{-3}	53×10^{-3}	$122,8 \times 10^{-3}$
Ulei +0,3% FBN					
— acțiune organică, mgKOH/g		0,22	0,06	0,09	0,08
— reziduu, % greutate		0,062	0,023	0,02	0,05
— tg δ la 90°C		78×10^{-3}	68×10^{-3}	$27,6 \times 10^{-3}$	66×10^{-3}
Ulei +0,3% topanol					
— acțiune organică, mgKOH/g		0,23	0,085	0,05	0,12
— reziduu, % greutate		0,07	0,05	lipsă	0,042
— tg δ la 90°C		80×10^{-3}	60×10^{-3}	30×10^{-3}	$52,3 \times 10^{-3}$

Tabelul 2

Comportarea dielectrică a uleiurilor aditivate

Ulei de bază + aditiv	tg δ 90°C × 10^{-3}	
	ulei proaspăt	ulei oxidat CET
Ulei rafinat acid	9,0	125,0
Ulei + 0,3% FBN	9,0	99,45
Ulei + 0,3% FBN+2% materie primă	9,2	99,00
Ulei Siemens	2,0	62,0
Ulei + 0,3% FBN	2,7	68,0
Ulei + 0,3% FBN + 2% materie primă	2,4	60,0
Ulei hidrofinat	—	—
Ulei + 0,3% FBN	2,3	66,0
Ulei + 0,3% FBN + 2% materie primă	2,2	52,0
Ulei solventat	—	—
Ulei + 0,3% FBN	2,0	27,6
Ulei + 0,3% FBN+2% materie primă	3,5	25,5

rie primă cu rezultate favorabile şi asupra valorilor tg δ după oxidare.

Pentru a căpăta o imagine asupra comportării la utilizare a uleiurilor aditivate, s-a determinat scăderea concentraţiei de aditiv în timpul oxidării forţate în laborator, componenţii antioxidanţi fiind determinaţi prin spectroscopie în infraroşu. Rezultatele obţinute pentru uleiurile aditivate cu FBN sînt date în tabelul 3.

Consumul de aditiv, în timpul oxidării uleiului, este în concordanţă cu susceptibilitatea la aditivarea uleiurilor.

Determinarea consumului de aditiv a pus în evidenţă sinergismul ulei-aditiv, în cazul uleiului obţinut prin solventare.

Admiţînd că uleiul aditivat este corespunzător în cazul în care antioxidantul se consumă 50% după 164 ore oxidare, considerăm că uleiul solventat aditivat este de calitate superioară.

Alegerea condiţiilor tehnice necesare pentru un sort nou de ulei de calitate superioară, s-a făcut ţinîndu-se cont de condiţiile tehnologice, interacţiunea cu materialele electroizolante şi posibilităţile actuale de fabricaţie din ţară.

În tabelul 4 se dau condiţiile tehnice care au stat la baza formulării punctului de vedere al M.E.E. faţă de Rafinăria Ploieşti, în elaborarea caietului de sarcini utilizat la fabricarea uleiului aditivat.

Reţeta de fabricare a uleiului electroizolant aditivat TR 25.A, face obiectul brevetului de invenţie 75637.

Fabricarea uleiului de bază şi aditivat antioxidant cu FBN s-a realizat în cadrul Rafinăriei Ploieşti, sub asistenţa tehnică a ICEMENERG.

Tabelul 3

Variaţa aditivului în timpul oxidării

Uleiul	Timpi de oxidare, ore							
	0	24	48	72	96	120	144	164
Ulei rafinat + 0,2% topanol	0,2	0,19	0,15	0,13	0,10	0,05	0	0
Ulei rafinat + 0,3% FBN	0,3	0,25	0,20	0,10	0,10	0	0	0
Ulei Siemens + 0,2% topanol	0,2	0,2	0,18	0,17	0,17	0,14	0,13	0,09
Ulei Siemens + 0,3% FBN	0,3	0,3	0,25	0,25	0,20	0,10	0,10	0,15
Ulei hidrofinat + 0,2% topanol	0,2	0,15	0,14	0,10	0,05	0	0	0
Ulei hidrofinat + 0,3 FBN	0,3	0,05	0	0	0	0	0	0
Ulei solventat + 0,2% topanol	0,2	0,2	0,2	0,15	0,15	0	0	0
Ulei solventat + 0,3% FBN	0,3	0,3	0,25	0,25	0,25	0,25	0,15	0,15

Tabelul 4

Caracteristici tehnice de calitate pentru uleiul electroizolant aditivat cu FBN

Caracteristici ulei	Condiţii de admisibilitate	Metoda de analiză
Aspect	limpede, fără suspensii	vizual
Viscozitate cinematică, cst		
— la 20°C, max.	30	STAS 117-66
— la 50°C, max.	10	
— la −15°C, max.	800	
Punct de inflamabilitate, M°C, min.	140	STAS 5488-56
Punct de congelare, °C min.	−40	STAS 39-56
Aciditate organică, mg KOH/g, max.	0,03	STAS 23-68
Aciditate minerală şi alcalinitate	lipsă	STAS 22-64
Impurităţi mecanice	lipsă	STAS 33-71
Coroziune pe argint	lipsă	STAS 11606-81
Rigiditate dielectrică, kV/cm, min		
— ulei tratat	120	STAS 286-63
— ulei tratat	200	
Pierderi dielectrice tg δ la 90°C	$5,0 \times 10^{-3}$	STAS 6789-63
Perioada de inducţie la oxidare (la 140°C), minute, min	300	STAS 8930-71
Tensiune interfacială faţă de apă, dyn/cm, min.	45	STAS 9654-74

O şarjă de 60 t s-a transportat cu o cisternă specială la Electroputere Craiova, unde s-a încărcat în trei trepte de 110 kV (nr. 103380; 103384 şi 103385) repartizate la IREB staţiile Prundu şi Alexandria, pentru a se urmări comportarea în exploatare.

În anul în curs se vor fabrica 2000 t ulei aditivat TR. 25.A, repartizat M.E.E.

(Primit la 28 ianuarie 1985, acceptat la 29 ianuarie 1985)

Procedeu privind pasivarea inițială a țevilor de alamă ale condensatoarelor de abur

Chim Alice-Anca Cocoș*

Descriptori: condensatoare abur, țevi alamă, coroziune, pasivare

Materialul clasic pentru confecționarea țevilor de condensator este alama, cu sau fără adaosuri stabilizatoare (Sn, As etc.). Alegerea materialului este dictată de cel puțin două considerente: conductivitate termică bună și preț de cost accesibil, comparativ cu al celorlalte materiale întrebuințate în acest scop (aliajele Cu—Ni, titan, oțel inox).

În general, aliajele cupru-zinc (alamele) au o rezistență naturală bună la coroziunea mediului respectiv de funcționare — în cazul condensatoarelor, apa de răcire și aburul condensat. Actualmente însă, se constată o înrăutățire permanentă a calității apelor de suprafață folosite ca sursă de alimentare a circuitelor de răcire.

Direcțiile în care se poate acționa în scopul prelungirii duratei de funcționare a țevilor de alamă în sensul reducerii sau evitării coroziunii sînt următoarele două:

— mărirea gradului de tratare a apei la adaosul în circuitele de răcire și condiționarea apei din aceste circuite prin adaos de inhibitori de coroziune, dezincrustanți și substanțe biocide;

— îmbunătățirea rezistenței la coroziune a materialului țevilor de condensator, prin pasivarea inițială sau, în timpul funcționării, a suprafeței metalului care vine în contact direct cu mediul agresiv.

În practica de întreținere și exploatare a țevilor de condensator se cunosc o serie de procedee de pasivare, prin formarea de straturi de oxizi străini, aderente la peretele metalic [1—4]. Se asigură astfel protecția țevilor la cele mai frecvente forme de coroziune semnalate, respectiv pitting, dezincarea localizată sau generalizată. O largă răspîndire în lume a înregistrat-o procedeul de protecție prin dozarea continuă, în apa de răcire, a soluțiilor concentrate de sulfat feros, cu formarea unor straturi de oxizi de fier pe țevile condensatoarelor. Aceste straturi rezultă prin hidroliza oxidativă și condensarea izopolibazelor de fier, cu formula $(FeOOH)_x$, în distribuție coloidală. Particulele coloidale cu încărcătură electrică se fixează pe suprafețele metalice cu încărcare electrică opusă, printr-un fenomen de adsorbție. Din studii microscopice s-a constatat că, în condițiile dozării de $FeSO_4$ pe peretele metalic, stratul protector este bistratificat: peste stratul natural de Cu_2O se fixează un strat omogen din oxid de fier, rezultat din hidroliză oxidativă, a cărui componentă cristalină constă din:

— FeOOH (lepidocrocit). În unele cazuri s-a constatat și existența $FeCuO_2$ (delafosit). Particulele coloidale de $(FeOOH)_x$, încărcate electric sînt fixate pe suprafața metalică, sub influența cîmpului electric al straturilor protectoare de Cu_2O (cu potențial zeta). Concentrația coloizilor activi este dependentă de numeroși factori de mediu (pH, temperatură, compoziția chimică a apei de răcire etc.).

Procedeul este destul de labil, cu efecte secundare nedorite: coagularea ionilor de fier bivalent la fier trivalent. Din acest considerent, timpul necesar parcurgerii soluției de la injecția de sulfat feros pînă la țevile de condensator nu trebuie să depășească 500 s, pentru a asigura un conținut maxim de coloizi.

În plus, procedeul trebuie foarte riguros aplicat, existînd permanent pericolul colmatării întregului circuit cu suspensiile rezultate.

Un alt procedeu cunoscut de pasivare a țevilor de condensator—respectiv pieselor din aliaje de cupru în medii slab agresive—realizează oxidarea artificială a suprafețelor metalice pe cale chimică sau electrochimică [5—7]. Oxidarea chimică se realizează cel mai adesea în soluții alcaline (exemplu persulfat de potasiu, soluții cupro-amoniacale). În privința oxidării electrolitice există mai multe variante privind compoziția electrolitului:

— anhidridă cromică-acid sulfuric;

— bicromat de sodiu — sulfat de sodiu — clorură de sodiu;

— acid sulfuric;

— bicromat de sodiu — acid acetic glacial — clorură de sodiu.

Densitatea de curent întrebuințată și durata electrolizei variază de la caz la caz. Catozii folosiți pot fi din grafit, oțel inoxidabil, oțel

* Chim. Alice-Anca Cocoș lucrează la ICEMENERG.

ICEMENERG

SECTIA CERCETARI DE CHIMIE IN ENERGETICA, prin laboratorul de uleiuri, efectuează studii şi cercetări privind :

- comportarea în exploatare a uleiurilor de turbină şi a uleiurilor electroizolante ;
- îmbunătăţirea calităţii uleiurilor electroizolante ;
- tehnologii de recondiţionare, metode şi criterii noi de verificare profilactică a uleiurilor electroizolante utilizate la echipamente de 750 kV ;
- posibilităţi de producere şi utilizare a uleiurilor de turbină greu inflamabile ;
- metode de detectare şi stabilire a naturii defectelor incipiente în transformatoarele de mare putere aflate în exploatare, fără scoaterea acestora de sub tensiune ;
- determinarea infuenţei poluanţilor atmosferici asupra comportării uleiurilor electroizolante.

SECTIA CERCETARI DE CHIMIE IN ENERGETICA, prin laboratorul de uleiuri, acordă asistenţă tehnică în centrale şi staţii electrice privind :

- analiza fizico-chimioă a uleiurilor la punerea în funcţiune a echipamentelor energetice ;
- analize fizico-chimice speciale în cazuri de litigii, incidente şi avarii în exploatare

SECTIA CERCETARI DE CHIMIE IN ENERGETICA, prin laboratorul pentru combaterea coroziunii, efectuează studii şi cercetări privind :

- tehnologii de conservare a echipamentelor energetice pe perioada opririlor ;
- tehnologii de protecţie a suprafeţelor metalice expuse mediilor agresive ;
- stabilirea cauzelor stării de degradare şi evoluţiei în timp a coroziunii suprafeţelor metalice. Metode de combatere.
- stabilirea caracteristicilor de calitate ale materialelor metalice şi nemetalice.

SECTIA CERCETARI DE CHIMIE ÎN ENERGETICA, prin laboratorul pentru combaterea coroziunii, acordă asistenţă tehnică în centralele electrice privind :

- curăţirea chimică a agregatelor şi circuitelor din centralele electrice;
- stabilirea gradului de coroziune a subansamblurilor cazanelor ;
- verificarea stării protecţiei anticorosive a coşurilor de fum :
- verificarea comportării în timp a protecţiilor anticorosive în instalaţiile de tratare chimică a apei, precum şi în staţiile şi reţelele electrice.

carbon, cu suprafața de circa 5 ori mai mare decît a pieselor supuse anodizării.

În cadrul Secției de Cercetări în Chimie Energetică din cadrul ICEMENERG s-au experimentat o serie de variante ale unei tehnologii proprii de pasivare a țevilor din alamă ale condensatoarelor, în medii ușor acide, inhibate. Ulterior, practica de exploatare a unor astfel de țevi a demonstrat că peliculele artificiale astfel formate la suprafața metalului asigură un suficient de mare grad de protecție și o rezistență sporită la coroziune a țevilor.

Se preconizează, în continuare, urmărirea comportării în exploatare a țevilor de condensator oxidate artificial, în condiții variate de agresivitate a mediului natural de funcționare.

Bibliografie

[1] Effertz, P. H., Fichte, W. *Kühlwasserseitiger Schutz von Kondensatoren.* In : Der Maschinenschaden, 49 (1976), nr. 4.

[2] Effertz, P. H. ,Fichte, W. *Die Eisensulfat Dosierung in Kühlsystemen — Grundlagen und Auwendung.* In : VGB, 57, 1977, nr. 2.

[3] Worth, R. F. *The protection of Cu by ferrons sulfate addition.* In : Corosion Science, 8, 1968, nr. 3.

[4] Cocoș, A. A. *Optimizarea funcționării circuitelor de răcire din centralele electrice în scopul reducerii consumurilor pe agregat.* In : Energetica, 28, 1980, nr. 10.

[5] Gronschi, R. K. *Aplicarea oxidării pentru creșterea rezistenței la coroziune a aliajelor de cupru.* In : Teploenergetika, nr. 12, 1980.

[6] Androniauț, Gh., Bay, E. *Protejarea materialelor metalice prin oxidare și fosfatare.* Ed. Tehnică, București, 1976.

[7] Constantinescu, M. *Protecția anticorozivă a metalelor.* Ed. Tehnică, București, 1979.

(Primit la 17 ianuarie 1985, acceptat la 21 ianuarie 1985)

Metode de conservare a cazanelor de 1035 t/h în perioadele de oprire mai mari de 15 zile

Chim. Florina Vasile*

Descriptori : cazane abur, coroziune țevi, metode de conservare

Generalități

Țevile cazanelor de abur care lucrează la temperaturi și presiuni ridicate sînt acoperite invariabil cu un strat protector de magnetită, produs al interacțiunii apă-fier. Dacă acest strat suferă deteriorări prin efect termic, mecanic, chimic etc. apare o celulă electrochimică compusă dintr-o suprafață catodică mare și o suprafață anodică mică (metalul dezgolit). Stratul superficial este mai rezistent decît metalul de substrat și odată ce acest strat este întrerupt, coroziunea decurge rapid, ca urmare a acțiunii celulei electrochimice formate de stratul superficial catodic și cel de metal.

Coroziunea țevilor de cazan, ca fenomen macroscopic, este rezultatul unui întreg lanț cauzal dificil de stabilit, cu atît mai mult, cu cît factorii care o influențează sînt foarte variați.

Prin schimbarea condițiilor de funcționare ale unui cazan un tip de coroziune poate fi înlocuit treptat cu altul. Astfel, alături de coroziunea utilajului energetic în timpul exploatării, deteriorări foarte grave ale metalului apar în timpul opririi și staționării diferitelor instalații.

Țevile vaporizatorului, economizorului, supraîncălzitorului primar și intermediar, din care nu se poate goli apa, sînt supuse unei coroziuni pitting în timpul opririlor. Chiar dacă coroziunea rezultată în timpul opririlor nu produce străpungeri, apar multe produse de coroziune în circuitul apă-abur, care produc depuneri și duc la impurificarea aburului la pornire.

Coroziunea suprafețelor țevilor de cazan în timpul opririlor este un proces electrochimic care se produce numai în prezența apei care conține oxigen (coroziune cu depolarizare de oxigen). Dacă unul sau ambele elemente (apă-oxigen) se pot exclude, se evită coroziunea. Rezultă, deci, necesitatea asigurării unor măsuri de conservare a cazanelor de abur în perioada opririlor, care să creeze în interiorul țevilor schimbătoare de căldură condiții improprii declanșării proceselor de coroziune.

Din punctul de vedere al disponibilității instalațiilor, în practica exploatării generatoarelor de abur apar următoarele situații :

— opriri de scurtă și lungă durată (mai mari de 15 zile), fără reparații ;

— opriri de scurtă și lungă durată (mai mari de 15 zile), cu reparații.

În prima situație, procedeele de conservare utilizate nu ridică probleme deosebite, instalațiile conservate rămînînd închise, umplute cu mediul anticorosiv respectiv, pe toată perioada opririi.

Printre procedeele de conservare cele mai utilizate sînt :

— conservarea cu gaz inert (azot pur) ;

— conservarea umedă cu soluții alcaline la o valoare pH = 10,5—11,0, în care se dozează

* Chim. Florina Vasile lucrează la ICEMENERG

o serie de substanţe capabile să blocheze acţiunea oxigenului.

În plus, pentru opriri de scurtă durată sînt recomandate procedee de conservare prin uscare, care urmăresc realizarea în sistemul de conservat a unei umidităţi relative a aerului sub 50%, utilizînd căldura restantă din cazan acumulată în pereţi şi o circulaţie de aer cald.

Aplicarea acestor procedee este imposibilă în cazul în care sînt necesare lucrări de reparaţie de lungă durată, care cer accesul spre partea de apă a ţevilor din cazan.

Pentru aceste situaţii s-au efectuat experimentări în fază de laborator şi la scară industrială, în vederea punerii la punct a unor procedee de conservare cu inhibitori capabili să formeze straturi de protecţie pasivante pe suprafaţa metalului; unul din aceste procedee este metoda de protecţie anticorosivă cu soluţie de azotit de sodiu şi borax.

1. Conservarea cazanelor de 1035 t/h în perioadele de oprire mai mari de 15 zile cu azotit de sodiu şi borax

1.1. Fundamentarea teoretică a metodei de conservare

În soluţiile apoase saturate cu aer, azotitul de sodiu se situează pe primul loc în ceea ce priveşte efectul inhibitor; în comparaţie cu alţi inhibitori anodici (exemplu cromatul de sodiu) azotitul posedă însă o sensibilitate mai mare faţă de conţinutul electrolitic al apei din instalaţie. Astfel, cantitatea necesară de azotit de sodiu în vederea obţinerii unei acţiuni eficace de inhibare a procesului de coroziune creşte considerabil cu creşterea concentraţiei de cloruri şi sulfaţi din apă.

Concentraţia insuficientă de azotit conduce, în special la valori reduse ale factorului pH, la coroziuni limitate locale.

Pentru evitarea acestui fenomen sînt indicate valorile pH şi concentraţiile de azotit de sodiu şi tetraborat de sodiu (borax), în funcţie de conţinutul electrolitic (conductivitatea) al apei restante din instalaţiile la care se aplică procedeul de conservare, conform tabelului 1.

1.2. Rezultatele experimentărilor

În urma experimentărilor de laborator pentru perioada de maximum 75 zile a fost pus la punct procedeul de conservare cu azotit de sodiu 250 mg/l şi tetraborat de sodiu 250 mg/l, la pH = 8,9—9,0 (la conductivitate de $\leqslant 2\,\mu s/cm$) şi respectiv de 2 g/l de azotit de sodiu şi 0,5 g/l borax (la conductivităţi mai mari), care se recomandă a fi aplicat la cazanele de abur din care nu se poate goli complet apa, inhibînd astfel efectul corosiv al apei rămase, în instalaţie. Deoarece în ultimii ani s-au semnalat o serie de spargeri de ţevi la supraîncălzitoarele intermediare de la cazanele de 1035 t/h, după o perioadă de staţionare, spargeri datorate coroziunilor apărute în zonele de stagnare a apei în care s-a dizolvat oxigenul din atmosferă (coroziune cu depolarizare de oxigen), a apărut necesitatea aplicării unei metode de conservare adecvate, în special în cazul în care sînt necesare reparaţii pentru care anumite părţi din instalaţie sînt deschise.

Tabelul 1

Conductivitatea apei restante [$\mu s/cm^6$]	Valoare pH a soluţiei de protecţie	Concentraţia de azotit de sodiu [g/kg]	Concentraţia de tetraborat de sodiu [g/kg]
$\leqslant 0,2$	8,0—9,0	0,25[a)]	0,10
		3,0[b)]	0,25
$\leqslant 10$	8,5—9,5	0,5[a)]	0,5
		3,0[b)]	1,0
$\leqslant 100$	9,0—9,5	2,0[a)]	0,5
		5,0[b)]	1,0

Observaţii:
a) la o singură folosire, pînă la o lună;
b) la mai multe folosiri — se păstrează fără pierderi.

La întocmirea schemei de conservare s-a avut în vedere utilizarea în măsură cît mai mare a elementelor componente ale blocului cu utilizarea a cît mai puţine circuite provizorii. Circulaţia soluţiei de conservare s-a realizat în circuit închis. Instalaţia de protejat depresurizată golită, s-a umplut cu soluţia de conservare preparată în rezervorul degazorului astfel:

a. Pentru circuitul de înaltă presiune: degazor — EPA — PIP — economizor — vaporizator-separator. Din separator circulaţia soluţiei s-a făcut pe două circuite:

a_1 — separator-supraîncălzitor 1 — supraîncălzitor 2 — supraîncălzitor 3 — expandor de pornire — degazor;

a_2 — separator — expandor de pornire — degazor.

b. Pentru circuitul de abur supraîncălzit intermediar: degazor — priză EPA — injecţia III. Din injecţia III circulaţia soluţiei s-a făcut pe două drumuri:

b_1 — injecţia III — supraîncălzitor intermediar I — expandor pornire — degazor;

b_2 — injecţia III — supraîncălzitor intermediar II — degazor. Temperatura soluţiei în timpul recirculării: 60—65°C.

2. Concluzii

Procedeul de conservare cu azotit de sodiu-tetraborat de sodiu, a dat rezultate bune, atît în experimentările de laborator ,cît şi în cele industriale.

După aplicarea acestui procedeu viteza de coroziune a instalaţiilor a scăzut pînă la valori de 0,00049 mm/2 luni, iar perioada de spălare la punerea în funcţiune a cazanului — pînă la obţinerea concentraţiilor de fier admise de norme — a scăzut de la 21 ore la numai 12 ore.

(Primit la 8 ianuarie 1985, acceptat la 10 ianuarie 1985)

Probleme de natură chimică la punerea în funcțiune a centralei nuclearo-electrice — Partea clasică

Chim. Mihai Chirica*

Descriptori : CNE, regim chimic, parte clasică

Primul grup nuclearo-energetic tip CANDU de 600 MW urmează să fie pus în funcțiune în viitorul apropiat la Cernavodă. Din punctul de vedere al regimului chimic în partea clasică a centralei nucleare sau, mai bine zis, în cadrul sistemului secundar de transport al căldurii, intră următoarele subsisteme :

— generatoarele de abur ;
— turbina și anexele ;
— condensatoarele ;
— pompele ;
— instalația de tratare condensat turbină ;
— instalația de demineralizare pentru producerea apei de adaos.

Instalația de demineralizare care este alimentată cu apă de Dunăre furnizează apă demineralizată, atît pentru circuitul termic secundar, cît și pentru partea nucleară.

Limitele admise pentru indicii de calitate ai apei demineralizate sînt foarte severe și anume :

— conductivitate : 0,2—0,5 μS/cm
— pH : 6,7—7,5
— silice totală : maximum 0,02 mg/l
— suspensii : maximum 0,025 mg/l
— magneziu : maximum 0,001 mg/l
— plumb : maximum 0,001 mg/l
— cloruri : maximum 0,02 mg/l

În circuitul termic secundar al centralei nucleare este inclusă stația de tratare condensat, care are rolul de a asigura purificarea condensatului de bază, atît în regim normal de funcționare, cît și la pornirea turbinei sau la apariția infiltrațiilor de apă de răcire la condensator.

Instalația de tratare condensat este prevăzută cu filtre ionice cu pat mixt, care vor funcționa la viteză mare de filtrare (80 m/h) și presiune de 10 bari. De menționat, că, din punctul de vedere al controlului regimului chimic, generatoarele de abur, partea de circulație a apei și aburului fac parte din circuitul secundar, chiar dacă acestea sînt amplasate în partea nucleară a centralei.

În jurul fiecărui reactor energetic sînt dispuse patru generatoare de abur care produc circa 3700 t/h abur saturat de medie presiune (circa 50 bari).

Cu toate că generatoarele de abur funcționează la o presiune medie, acestea constituie componentele cele mai sensibile din centrala nucleară din punctul de vedere al controlului regimului chimic.

Condițiile de calitate pentru apa de alimentare a generatoarelor sînt :

— pH : 8,8—9,4 (în funcție de natura materialelor folosite la țevile de condensator și la alte schimbătoare de căldură)
— oxigen : maximum 0,005 mg/l
— hidrazină : 0,005—0,020 mg/l
— fier : sub 0,010 mg/l
— silice : sub 0,020 mg/l
— cupru : sub 0,005 mg/l (pentru instalațiile care au condensatorul tubat cu țevi de inox)

Generatoarele de abur sînt prevăzute cu un sistem de purjare care asigură menținerea indicilor chimici ai apei din generatoare atît în regim normal de funcționare, cît și în cazul infiltrațiilor la condensator.

În perioada infiltrațiilor la condensator se recomandă dozarea unui amestec de NaH_2PO_4 și Na_3PO_4 în apă, la intrarea în generator.

Calitatea apei din generatorul de abur nu trebuie să depășească următoarele valori ale indicilor chimici :

— pH : 8,5—9
— săruri totale dizolvate : 40 mg/l
— fosfat : 6 mg/l (se dozează numai cînd sînt infiltrații la condensator)
— silice : 5 mg/l
— cloruri : 2 mg/l (75 mg/l cînd sînt infiltrații la condensator)

Majoritatea agregatelor din circuitul termic secundar (turbină, condensator, preîncălzitoare, pompe, filtre ionice etc.) sînt realizate în țară.

Problemele de chimie pentru agregatele din partea clasică a centralei nucleare apar chiar din etapa de execuție a echipamentelor, atît prin alegerea materialelor, cît și prin pregătirea suprafețelor, precum și în etapa de montaj și punere în funcțiune.

* Chim. Mihai Chirica lucrează la ICEMENERG

Gradul de curăţenie al suprafeţelor (pe partea de circulaţie a fluidului) şi de control al coroziunii este gradul B, adică :

— acestea să fie fără impurităţi de la construcţie şi montaj (totuşi o cantitate mică de praf şi rugină este admisă pe suprafeţele de oţel carbon) ;

— toate componentele trebuie să fie protejate de impurificare prin închiderea capetelor ;

— conductele pentru apă vor fi decapate şi pasivate înainte de instalare.

După realizarea schemei tehnologice aferentă circuitului termic secundar nu se prevede executarea unei spălări chimice ca în cazul termocentralelor, ci doar o spălare la rece şi la cald cu apă demineralizată, cu scopul înlăturării urmelor de impurităţi.

Pe durata spălării la cald a circuitului secundar se foloseşte apă demineralizată cu 10 mg NH_3/m^3 şi 100 mg hidrazină $/m^3$ la 70—90°C.

Scopul spălării la cald este de a definitiva operaţia de curăţire a circuitului şi de a dezoxigena apa folosită pentru a umple componentele sistemului, care se menţin pline cu această soluţie pînă la refacerea circuitului pentru punerea în funcţiune.

Pentru asigurarea regimului chimic din circuitul termic secundar, la punerea în funcţiune a grupului nuclearo-energetic, este necesar să se respecte cu stricteţe condiţiile impuse de licenţiator şi prescripţiile româneşti în fazele de execuţie şi montaj ale echipamentelor energetice.

(Primit la 7 ianuarie 1985, acceptat la 8 ianuarie 1985)

Asimilări de materiale noi

Soluţie ignifugă pentru protejarea cablurilor electrice APSA—C

Ing. Lelian Cioroianu*

Descriptori : soluţie ignifugă, CET, protecţie antiincendiară, cabluri electrice

În instalaţiile electrice ale diferitelor unităţi economice, unde este un mare număr de cabluri electrice, există un pericol frecvent de apariţie a incendiilor datorită curenţilor puternici care trec prin cabluri şi căldurii degajate în urma apariţiei suprasarcinilor. De asemenea, cu aceste cabluri se operează frecvent la voltaj înalt, care poate cauza apariţia arcului electric între cablurile adiacente.

Deoarece în cadrul unităţilor economice (centrale electrice, centrale telefonice, uzine, fabrici etc.) se găsesc suprafeţe imense de poduri de cabluri, pericolul incendiului este foarte mare. Cablurile pot fi total distruse, rezultînd pierderi de produse şi necesitînd un efort mare pentru înlocuirea lor şi a echipamentelor sau clădirilor avariate. În cazul instalaţiilor generatoare nucleare, pericolul reprezentat de incendii este şi mai mare.

În marea lor majoritate, cablurile electrice sînt protejate cu policlorură de vinil. Materialele plastice speciale ca teflonul sînt potrivite în anumite condiţii, prezentînd totuşi unele dezavantaje: preţ de cost ridicat, prelucrare costisitoare şi degajare de acid fluorhidric cînd este expus la flacără.

Policlorura de vinil plastifiată arde cu emanaţii mari de căldură, funingine şi gaze. Pe lîngă acid clorhidric, în procesul de combustie mai apar : monoxid de carbon, bioxid de carbon, clor, benzen, alte hidrocarburi şi fosgen care este foarte toxic.

În urma unui incendiu al podurilor de cabluri pe lîngă pagubele primare (distrugerea cablurilor, a poliţelor de susţinere, a aparatelor expuse la temperaturi ridicate, reducerea rezistenţei oţelului şi betonului etc.) apar şi pagube secundare (coroziunea elementelor de metal, coroziunea tencuielii, mortarului, betonului).

În sectorul industrial, cablurile electrice de forţă, de măsură şi comandă nu sînt dispuse, de obicei, sub formă de cabluri singulare, ci înmănunchiate, amplasate pe poliţe sau fixate cu coliere de planşee sau pereţi. Aspectul comun îl constituie prezenţa unei cantităţi mari de material combustibil într-un spaţiu restrîns.

În canalele de cabluri şi mai ales la puţurile verticale, incendiul se poate transmite repede prin instalaţiile halei, la pagubele propriuzise de distrugere, prin ardere, adăugîndu-se, după cum s-a menţionat, şi pagubele de coroziune, care adesea se observă după săptămîni sau luni.

Din acest motiv s-a impus luarea de măsuri de împiedicare a apariţiei şi propagării incendiilor, pe de o parte, prin acoperiri de protecţie împotriva flăcărilor, iar, pe de altă parte, prin compartimentarea spaţiului ocupat de podurile de cabluri.

* Ing. Lelian Cioroianu lucrează la ICEMENERG.

În acest scop, în cadrul ICEMENERG s-au efectuat studii și cercetări pentru stabilirea unei compoziții protectoare antiincendiare. Cercetările s-au finalizat cu stabilirea unei compoziții antiincendiare flexibile, care supusă încercărilor la foc s-a comportat foarte bine.

Soluția ignifugă are un coeficient ridicat de flexibilitate, necesar preluării tuturor deformărilor cablurilor electrice pentru prevenirea apariției crăpăturilor, aderență și rezistență la umiditate pentru a nu se desprinde de pe cabluri, rezistență la șocuri termice și la îmbătrînire.

Soluția ignifugă conține o rășină de bază, solubilă în apă, ce joacă rol de mediu de dispersie, eliminîndu-se, pe această cale, solvenții organici inflamabili, volatili și în majoritate toxici.

Pentru asigurarea flexibilității corespunzătoare rășina de bază se plastifiază cu plastifianți compatibili. Hidrocarburile clorurate cuprinse în receptură determină formarea în procesul de combustie a clorului, care prin reacție cu stibina conținută în acoperirea protectoare formează pentaclorura de stibiu, fum dens cu rol de agent ignifug. În compoziție se introduc și materiale anorganice necombustibile active și inactive, cele inactive cu rol de ieftinire și de asigurare a ignifugării, iar cele active cu rol de îmbunătățire a proprietăților fizico-mecanice, în special rezistența la rupere și flexibilitatea.

Caracteristicile soluției ignifuge APSA—C în stare inițială, înainte de aplicare sînt:

Culoare:	alb-cenușiu
Viscozitate:	minimum 10—12 s prin cupa DIN Ø8 mm la 20°C
Densitate (g/cm^6):	1, 45—1,50
pH:	7,5 —8,0
Umiditate (%):	33—35
Substanțe uscate (%)	65—67

Caracteristicile protectoare, în stare uscată sînt:

Rezistența la propagarea flăcărilor la suprafață:	clasa II—III
Rigiditate dielectrică, kV/mm:	2,5
Duritate, °Sh A:	90
Flexibilitate:	Un cablu protejat cu PVC. cu Ø 13 mm, acoperit cu soluție ignifugă se poate îndoi la maximum 90°, fără apariția de crăpături în zona de curbură
Rezistență la variații de temperatură:	10 cicluri termice (1 h la +50°C alternînd cu 1h la —20°C) 10 șocuri termice (1 h la +120°C alternînd cu 1 h la —20°)

Condițiile de aplicare ale soluției ignifuge APSA—C, sînt următoarele:

— aplicarea se realizează prin pulverizare cu aer, cu pistol Ø 6 mm, presiune 5 ata, în patru straturi;

— uscare: 24 h la 20°C și 65% umiditate;

— consum specific: — circa 4,5 kg/m^2 de suprafață plană;
— circa 6,0 kg/m^2 de suprafață ondulată;

— grosimea stratului protector: 4—5 mm în stare umedă; 2—3 mm în stare uscată.

Pentru protejarea podurilor de cabluri nu este necesară o acoperire individuală a cablurilor, ci numai formarea unui strat protector antiincendiar de 2—3 mm pe ambele fețe, superioară și inferioară, după ce în prealabil au fost astupate cu fragmente de vată minerală compactă eventualele spații libere dintre cabluri.

Cel mai bun efect de protecție contra flăcărilor se obține cînd polițele cu cabluri sau mănunchiurile de cabluri sînt acoperite cu soluție ignifugă pe întreaga lungime.

Pentru reducerea costurilor se pot proteja intermitent cablurile pe lungimi de minimum 5 m, porțiunile protejate alternînd cu porțiuni neprotejate, suplimentar tratîndu-se toate încrucișările din tunelele de cabluri, precum și toate ieșirile spre puțurile de cabluri.

Ferestrele de treceri dintr-un compartiment într-altul se căptușesc cu panouri de vată minerală chituite cu material antiincendiar, iar podul de cabluri se protejează de o parte și de alta a panoului cu soluție ignifugă pe o lungime de minimum 5 m, localizîndu-se astfel incendiul într-o anumită încăpere.

Ferestrele de trecere dintr-un compartiment într-altul căptușite cu un singur panou de vată minerală compactă rezistă circa 30—60 min la sursă de incendiu, cele căptușite cu două panouri cu spațiu liber între ele de 20—30 cm, circa 90—180 min, iar dacă spațiul dintre cele două plăci este ocupat de vată minerală afinată, circa 180—240 min.

Deci, în scopul asigurării protecției contra incendiilor la podurile de cabluri electrice din diverse întreprinderi, uzine, fabrici, centrale electrice, centrale telefonice etc. se simte nevoia utilizării unui produs de acoperire antiincendiară, precum și a unui sistem de compartimentare a spațiului ocupat de podurile de cabluri, realizîndu-se, pe această cale, o localizare a incendiului pînă la eventuala intervenție a echipelor de pompieri.

(Primit la 10 ianuarie 1985, acceptat la 9 februarie 1985)

Inhibitor de coroziune pentru spălări acide de punere în funcțiune — TRIAV — M

Ing. Virginia Munteanu*

Descriptori : inhibitori de coroziune, soluție acidă, mediu corosiv

Majoritatea reactivilor chimici capabili să dizolve oxizii de fier din depuneri prezintă, într-o oarecare măsură, agresivitate față de oțel, respectiv față de fier.

Agresivitatea unui agent chimic asupra metalului de bază se supune acelorași legități ca și în cazul oxizilor de pe suprafața metalului, întrucît concentrația, indicele pH, temperatura, timpul de contact, conlucrează în același sens în cazul oxizilor, cît și în cazul metalului. Din această cauză, pentru a se obține eficacitatea scontată la curățirile chimice, este necesar ca agentul de spălare să exercite o acțiune corosivă minimă asupra metalului și să dizolve doar impuritățile de pe suprafața metalului (oxizi sau alte săruri).

Îndepărtarea peliculei de oxizi de pe suprafața conductelor grăbește interacțiunea fierului cu apa, chiar dacă dizolvantul nu este el însuși foarte (activ) agresiv.

Inhibarea coroziunii metalului se obține prin introducerea în soluția de spălare a unor substanțe numite inhibitori de coroziune, substanțe care împiedică suprafața metalică să reacționeze cu mediul, sau cel puțin întîrzie mult cinetica reacției, viteza altor procese chimice care decurg cu participarea soluției de reactivi rămînînd aproape nemodificată.

Pînă în prezent acești inhibitori de coroziune erau aduși din import. Dintre inhibitorii care s-au importat amintim : dibenzil sulfoxid (R.S.C.), lithsolvent CL/2 (R.F.G.), ryphalgan A (R.S.C.).

Încercările efectuate în scopul asimilării în țară a unor inhibitori de coroziune au urmărit stabilirea agenților chimici cu randament maxim de solvire.

Stabilirea eficacității acțiunii protectoare a inhibitorilor studiați a fost făcută prin măsurarea vitezelor de coroziune cu ajutorul metodelor chimice și anume : măsurarea gravimetrică a pierderii în greutate a mostrelor de probă, exprimarea vitezei de coroziune făcîndu-se în g/m²h. Pentru aceasta a fost necesar să se efectueze o serie de determinări ale vitezei de coroziune în soluții de reactivi fără inhibitori și în prezența inhibitorilor de coroziune, în diferite condiții experimentale.

Eficacitatea protectoare calculată cu ajutorul formulei :

$$E_p\% = \frac{V_0 - V}{V_0} \cdot 100,$$

în care :

E_p este efectul protector (indică procentul în care se micșorează viteza de coroziune) ;

V_0 — viteza de coroziune a metalului în soluție de reactiv chimic fără inhibitor ;

V — viteza de coroziune în mediu inhibat.

În urma cercetărilor efectuate, a fost sintetizat un inhibitor de coroziune în componența căruia intră materii prime indigene.

Experimentarea în fază pilot a inhibitorului de coroziune a fost efectuată într-o instalație proiectată de Sectorul Chimie Energetică.

Pe această instalație s-au testat principalele tipuri de oțeluri întîlnite în prezent în instalațiile termoenergetice.

Experimentarea în fază pilot a inhibitorului indigen ICEMENERG s-a făcut comparativ cu unul din inhibitorii din import. Pentru spălarea cu citrat de amoniu 2% + acid fluorhidric 0,1% s-a folosit ca inhibitor de comparație ryphalgan A. Rezultatele determinărilor sînt următoarele :

Vitezele de coroziune, în g/m²h

	1	2	3	4	5	6	7	8
TRIAV-M	3,8	4,5	2,2	4,4	2,2	1,4	3,7	4,0
Ryphalgan A	4,17	4,8	2,78	5,51	7,6	5,2	4,1	4,6

unde :

1-oțel 10CrMo910
2-oțel OLT 35
3-oțel 13CrMo 44
4-oțel OLT 45K
5-oțel STAL 35 KIII
6-oțel 15Mo 3
7-oțel 16Mo 3
8-oțel X 20 CrMo V121

Cercetînd tabelul putem trage concluzia că inhibitorul românesc se comportă la fel de bine ca și cel străin, ryphalgam A. Vitezele

* Ing. Virginia Munteanu lucrează la ICEMENERG

de coroziune sînt comparabil egale, tronsoanele de ţevi avînd pe partea interioară un fin strat de magnetită care protejează ţeava în continuare.

La spălarea cu acid sulfuric 3% + hidrat de hidrazină 0,1% + acid citric 0,1% s-a experimentat inhibitorul TRIAV-M comparativ cu lithsolvent CL/2. Rezultatele sînt următoarele :

Viteza de coroziune în g/m²h

	1	2	3	4	5	6	7	8
TRIAV-M	2,80	2,16	2,13	3,78	2,0	2,8	2,23	3,3
Lithsolvent CL/2	3,48	3,80	2,16	3,85	3,65	3,20	2,46	4,46

După cum reiese şi din tabel, inhibitorul românesc se comportă la fel de bine ca şi inhibitorul străin lithsolvent CL/2.

Experimentarea industrială a inhibitorului de coroziune a avut loc la I.E. Zalău cu ocazia spălării chimice a cazanului nr. 2, de 120 t/h, 100 bar, lignit.

După terminarea curăţirii chimice s-au recoltat epruvete de ţevi din principalele tipuri de oţeluri care intră în construcţia cazanului.

La examinarea vizuală a epruvetelor de ţevi tăiate, se constată că suprafeţele sînt curate, lipsite de coroziune şi acoperite cu un strat protector de culoare gri-argintie.

În concluzie, curăţirea chimică a cazanului nr. 2, de 120 t/h de la I.E. Zalău se consideră încheiată cu rezultate bune, inhibitorul TRIAV-M asigurînd un efect protector faţă de oţelurile sus-menţionate, în soluţie de acid sulfuric 3% şi biflorură de amoniu 0,7% la temperatura de 65—70°C.

Principalele performanţe tehnico-economice ale produsului ce se prevăd a se realiza sînt următoarele :

— diminuarea pierderilor de metal din timpul spălărilor;

— diminuarea consumului de reactivi de spălare pentru atacul metalului de bază;

— creşterea siguranţei în funcţionare în timpul proceselor de spălare chimică;

— reducerea importului.

Un kilogram inhibitor de coroziune lithsolvent CL/2 costă 37 lei valută. Pentru spălarea chimică a cazanelor se consumă în medie 0,3% = 3 kg/m³. Volumul mediu de spălare al unui cazan este de 800 m³.

800 m³ × 3 kg/m³ = 2400 kg inhibitor pentru un cazan.

2400 kg × 37 lei valută/kg = 88 800 lei valută.

Deci, prin producerea în ţară a inhibitorilor de coroziune se economiseşte pentru un cazan de 1 035 t/h valută în valoare de 88 800 lei.

Dacă se consideră că se pun în funcţiune cinci obiective pe an, rezultă că prin obţinerea inhibitorului de coroziune TRIAV-M se aduc economii în valoare de

880 m³/obiectiv × 5 obiective = 4 000 m³;

4 000 m³ × 3 kg/m³ = 12 000 kg inhibitor;

12 000 kg × 37 lei/kg = 444 000 lei valută/an.

Începînd cu acest an, inhibitorul de coroziune TRIAV-M, se produce în cadrul atelierului de microproducţie.

(Primit la 2 februarie 1985, acceptat la 9 februarie 1985)

Material termoizolant pentru izolaţia termică a coşurilor de fum din centrale termoelectrice

Chim. Gabriela Cioroianu, ing. Rodica Cornea*

Descriptori : centrale electrice, material termoizolant, izolaţie termică, răşini poliesterice nesaturate

În majoritatea cazurilor coşurile de fum sînt construite din beton armat.

Pentru protejarea betonului de acţiunea distructivă a temperaturii şi a agenţilor chimici agresivi existenţi în gazele de ardere care parcurg coşul de fum, a fost necesar ca între peretele interior structurii din beton şi agentul termic să se interpună o structură realizată dintr-un material termoizolant placat, în general, pe cilindrul din gresie antiacidă aflat în contact cu gazele.

Pe plan mondial, ca material termoizolant se utilizează sticla expandată-foamglas.

În ţară, s-a utilizat, de asemenea, la termoizolarea coşurilor de fum, foamglasul importat de la diferite firme din S.U.A., Belgia, R.F.G.etc.

Pentru eliminarea importului de foamglas, pe baza cercetărilor efectuate s-a realizat la Blejoi în cadrul M.I.U. o instalaţie pilot de obţinere a sticlei expandate.

* Chim. Gabriela Cioroianu — ICEMENERG, ing. Rodica Cornea — ICPMC.

Tabelul 1

Principalele caracteristici ale plăcilor termoizolante

Denumirea caracteristicii	U.M.	Foamglass	Sticlă expandată indigenă			Plăci PLP			
			Cal. I	Cal. II	Cal. III	Gr I	Gr II	Gr III	Gr IV
Aspect		compact	compact	compact	compact	semi-compact	compact	compact	compact
Greutate specifică aparentă	kg/m³	125–150	180–220	200–250	180–300	150–190	220–260	275–330	350–400
Absorbție apă	%	0	1–2	2–4	4–6	2–3	1,1–1,5	0,5–0,9	0,3–0,5
Conductivitate termică	kcal/mh°C	0,045–0,056	0,040–0,055	0,055–0,065	0,06–0,07	0,030–0,035	0,038–0,045	0,049–0,05	0,05–0,055
Rezistență la compresiune	daN/m²	5–7	8–15	10–20	5–10	4–5	10–15	12–15	15–20
Temperatură de utilizare	°C	−200–+450	−260–+430	−260–+430	−260–+430	−40–+200	−40–+200	−40–+200	−40–+200
Rezistență la acizi		rezistă	rezistă	—	—	rezistă	rezistă	—	—

Pentru acoperirea necesarului Ministerului Energiei Electrice s-a pus problema realizării unor noi materiale termoizolante, care să poată fi utilizate la construcția coșurilor de fum.

În cadrul ICEMENERG — Sectorul chimie energetică s-au efectuat cercetări care au avut ca scop realizarea unor produse noi, similare foamglasului. Din cercetările de laborator efectuate a rezultat că plăcile realizate din perlit liat cu rășini poliesterice nesaturate au caracteristici fizico-mecanice asemănătoare acelora din foamglas.

Pentru ca plăcile termoizolatoare să poată fi utilizate la construcția coșurilor de fum, acestea trebuie să îndeplinească o serie de condiții impuse de locul și modul lor de punere în operă.

Principalele condiții pe care trebuie să le îndeplinească plăcile termoizolatoare necesare izolării termice a coșurilor de fum sînt următoarele:

— rezistență la temperaturi variind între −30°C și +200°C;
— absorbție de apă redusă;
— rezistență la acțiunea agenților chimici agresivi și în special la acțiunea compușilor sulfului;
— procent cît mai mare de celule;
— greutate specifică aparentă redusă;
— coeficient de conductivitate termică redus;
— manipulare și transport ușor;
— poziționare și punere în operă fără dificultăți;
— eficiență din punct de vedere economic.

Majoritatea condițiilor impuse plăcilor termoizolatoare depinde de tipul de rășină utilizat, respectiv de tipul de liant.

La realizarea plăcilor termoizolatoare, datorită condițiilor impuse acestora, pot fi utilizate numai rășini termorigide.

Aceste rășini pot fi utilizate sub formă de polimeri celulari, respectiv spume rigide, sau sub formă de lianți ai unor produse termoizolatoare, cum sînt de exemplu: perlitul, deșeurile de sticlă expandată etc.

Ca liant al produselor care au caracteristici termoizolatoare se pot utiliza: rășini poliesterice nesaturate, rășini epoxidice, rășini poliuretanice, rășini siliconice etc., în afara lianților anorganici, cum sînt, de exemplu, silicații de sodiu, de potasiu.

Dintre aceste rășini, numai rășinile poliesterice nesaturate au baza de materii prime asigurată din producția curentă. Aceste rășini asigură produsului finit majoritatea condițiilor impuse și deci pot fi utilizate la realizarea plăcilor termoizolatoare pentru coșurile de fum.

Deși majoritatea condițiilor impuse produsului depind de tipul de rășină, un rol important în buna comportare în operă a plăcilor realizate, îl are și materialul de umplutură, buna compatibilitate și omogenizarea dintre acestea, respectarea cu strictețe a recepturii și modului de lucru stabilit.

ICEMENERG în colaborare cu ICPMC a definitivat tehnologia de realizare a materialului termoizolant pe o instalație pilot proiectată în cadrul ICPMC și realizată la FMC Urziceni.

În urma experimentărilor efectuate s-au realizat patru grupe de plăci termoizolante cu caracteristicile fizico-mecanice date în tabelul 1, comparativ cu sticla expandată din import și din țară.

Prețul de cost informativ al produsului este de 8 000 lei/m³.

(Primit la 21 ianuarie 1985, acceptat la 22 ianuarie 1985)

Compound de etanşare PAV — H pentru etanşarea generatoarelor electrice

Sing. Mariana Horchi*

Descriptori : generator electric, etanşare, compound de etanşare

Masele de etanşare reprezintă compoziţii care se aplică în rosturile dintre diferite îmbinări sau suprafeţe, în scopul de a realiza etanşarea lor faţă de anumite medii (lichide, gaze, abur etc.) sau pentru obţinerea unor efecte mecanice secundare (fixare parţială, îmbinări demontabile, mase antivibraţionale etc.).

Aceste materiale de etanşare prezintă ca proprietăţi generale comune o bună aderenţă la suprafeţele de etanşat, impermeabilitate la mediile externe şi rezistenţă mecanică corespunzătoare condiţiilor de exploatare, deci se înrudesc, din punct de vedere funcţional, cu adezivii şi materialele de acoperire.

Dezvoltarea materialelor de etanşare moderne a avut loc în special după sfîrşitul celui de-al doilea război mondial, cînd se trece de la masele pe bază de ceară naturală şi chituri simple pe bază de uleiuri sicative, la compoziţiile moderne complexe, cu produşi macromoleculari de sinteză.

Mobilitatea etanşărilor cu chituri de ulei este foarte limitată (0—3%), pe cînd a celor cu mase de etanşare moderne pe bază de elastomeri, polisulfuri, polisilozani şi poliuretani este de 15—25%.

În continuare ne vom referi numai la masele de etanşare care-şi menţin plasticitatea şi nu se întăresc. Aceste mase de etanşare au căpătat o mare importanţă în decursul ultimilor 25 ani, fiind utilizabile în condiţii diverse, dar mai ales în etanşarea îmbinărilor demontabile.

Baza de materii prime este foarte variată. Se evidenţiază în primul rînd importanta categorie a maselor de etanşare pe bază de amestecuri de butil cauciuc — poliizobutilenă. De asemenea, specificăm şi masele de etanşare pe bază de alte materii prime, cum ar fi : răşini poliesterice, răşini alchidice, răşini poliamidice etc., cu diverse adaosuri. Un alt exemplu este compoundul de etanşare pe bază de cauciuc sintetic, ulei mineral şi umpluturi cu adaos de răşină alchidică nemodificată şi sicativ în anumite proporţii.

Prin urmare, materialele de etanşare sînt compoziţii complexe, care, pe lîngă liantul de bază, mai pot conţine :

— plastifianţi ;

— umpluturi — pentru realizarea menţinerii formei şi micşorarea preţului ;

— pigmenţi ;

— aditivi pentru îmbunătăţirea proprietăţilor sau conferirea de proprietăţi noi ;

— răşini — pentru a conferi adezivitate ;

— solvenţi — pentru a le conferi injectabilitate.

De aici rezultă posibilităţile de aplicare multiple în industria de automobile, în construcţii, în construcţia de maşini şi aparate etc., ca mase de etanşare între metal, sticlă, lemn, mase plastice. Multe din etanşările care pînă nu demult erau făcute cu garnituri de cauciuc, acum au fost înlocuite cu compounduri de etanşare. Un alt exemplu este etanşarea scuturilor generatoarelor electrice. Etanşarea lor se face cu un compound de etanşare. Acest compound de etanşare trebuie să îndeplinească următoarele condiţii :

— nu este influenţat de apă, ulei, petrol, amoniac, glicerină, abur, fum de eşapament ;

— rezistă la temperaturi externe şi presiune ;

— nu se contractă sau fărîmiţează ;

— rămîne elastic şi nu se întăreşte în timp ;

— rezistă la vibraţii ;

— aparatul se demontează uşor pentru reparaţii ;

— etanşează filtrarea la articulaţia ţevilor şi suprafeţelor metalice ;

— se dilată şi se contractă la temperatură fără să fie afectată etanşeitatea ;

— extrudabilitatea de 319 g/min ;

— are o viscozitate de 130 000 CP la viteza de 1,09 mm/min ;

— are o densitate de 1,37 g/cm^3 ;

— are o consistenţă de 269 $mm \cdot 10^{-1}$;

— nu este toxic ;

— are miros caracteristic de grăsime.

Pentru realizarea unui astfel de compound de etanşare în cadrul ICEMENERG s-au efectuat studii şi cercetări pentru stabilirea unei compoziţii de etanşare cu caracteristici apropiate de cele de mai sus.

Compoziţia realizată conţine un poliester ce nu-şi pierde plasticitatea în timp. Pentru realizarea unui compound la viscozitatea corespunzătoare se şarjează poliesterul cu un material de umplutură (azbest), iar pentru uşurarea injectării se adaugă un procent mic de lubrifiant (vaselină).

Realizarea etanşării generatoarelor cu compound de etanşare se face prin injectarea lui cu ajutorul unei pompe tip „Tecalemit" în nişte canale speciale construite în interiorul scuturilor.

Rezultatele experimentale

Compoundul de etanşare realizat în cadrul ICEMENERG a fost testat în centralele electrice Turceni şi Rovinari la etanşarea generatoarelor. Rezultatele experimentale au fost corespunzătoare.

* Sing. Mariana Horchi lucrează la ICEMENERG.

Efecte economice

Efectele economice obținute prin etanșarea în producție a compoundului de mai sus sînt:

— diminuarea pierderilor de hidrogen în timpul funcționării generatoarelor;

— creșterea siguranței în exploatare a generatoarelor;

— reducerea importului.

Pentru etanșarea unui generator sînt necesare 10 kg compound pe an. 1 kg compound de etanșare din import costă 20 dolari. Deci, prin producerea în țară a compoundului de etanșare se economisește pentru etanșarea unui generator, valută în valoare de 200 dolari.

(Primit la 21 ianuarie 1985, acceptat la 26 ianuarie 1985)

Cronică

Simpozionul probleme actuale ale protecției, tratării și epurării apelor în Republica Socialistă România

Timișoara, 4—6 octombrie 1984

În perioada 4—6 octombrie 1984 a avut loc la Timișoara simpozionul „Probleme actuale ale protecției tratării și epurării apelor în Republica Socialistă România". Organizatorii au fost: Facultatea de Tehnologie Chimică, catedra Bazele Tehnologiei Chimice din cadrul Institutului Politehnic „Traian Vuia" — Timișoara, ICPEAR-1 Timișoara, Consiliul Județean Timiș, CNA — Direcția Apelor Mureș — Banat, Filiala Zonală Timișoara.

Cu acest prilej au fost publicate 329 lucrări științifice ce au făcut obiectul unor referate de sinteză, urmate de dezbateri, avînd ca tematică:

— tratarea apelor în scop potabil;
— tratarea apelor în scop industrial;
— epurarea apelor reziduale prin metode fizico-chimice;
— metode analitice pentru determinarea principalilor poluanți din apă;
— prelucrarea și valorificarea nămolurilor rezultate din tratarea și epurarea apelor;
— protecția calității apelor;
— aspecte bacteriologice și biologice în tehnologiile de tratare și epurare a apelor;
— procese, echipamente și aparatură în tehnologiile de tratare și epurare a apelor.

În cadrul simpozionului s-au prezentat și conferințe de specialitate urmate de dezbateri, și anume:

1. Stadiul actual și perspectiva folosirii clorului în tratarea apei
Autori: prof. dr. ing. V. Cocheci
s.l. dr. ing. Adriana Martin
chim. C. Bogatu
2. Asupra unor aspecte ale utilizării ozonului în tratarea apelor
Autori: prof. dr. ing. V. Cocheci
s.l. dr. ing. Adriana Marti
chim. Corina Minea
3. Stadiul actual și tendințe în tratarea apei în scop potabil
Autori: prof. dr. ing. P. Trofin și col.
4. Tendințe actuale și realizări în domeniul supravegherii și controlului automat al calității resurselor naturale de apă și apelor uzate din R.S. România.
Autori: dr. ing. R. Antoniu și col.
5. Cercetări teoretice și experimentale asupra curgerii fluidelor polifazate în instalații de epurare și evacuarea apelor uzate, destinate protecției calității apelor
Autor: prof. dr. ing. Julieta Florea
6. Progrese realizate în epurarea apelor uzate
Autor: prof. dr. ing. M. Negulescu
7. Probleme actuale privind recuperarea materialelor valorificabile din apele reziduale
Autor: ing. C. Craiu
8. Aspecte actuale privind metodele electrochimice și procedeele catalitice de epurare a apelor reziduale
Autor: prof. dr. ing. V. Cocheci și col.
9. Prevenirea poluării și epurarea apelor uzate ca măsuri de protecție a calității apelor
Autor: ing. V. Popescu
10. Epurarea biologică a apelor reziduale, ramură modernă a biotehnologiei
Autori: dr. chim. Lydia Vaicum și col.
11. Noi orientări în prelucrarea și valorificarea nămolurilor rezultate din tratarea și epurarea apelor
Autor: dr. ing. Veturia Ghederim
12. Aspecte ecologice ale poluării chimice și microbiene a apelor
Autori: prof. dr. ing. V. Cocheci și col.
13. Unele aspecte cu privire la regimul chimic al apelor industriale și implicații asupra instalațiilor de tratare.
Autori: prof. dr. ing. V. Cocheci, dr. ing. L. Negulescu

Prin referatele prezentate în cadrul simpozionului și prin discuțiile purtate pe marginea acestora, s-a realizat un bogat schimb de informații și s-au conturat noi direcții de investigare în domeniul epurării apelor și al protecției acestora.

Chim. Elena Chirica — ICEMENERG

Consfătuirea de lucru cu tema „Asigurarea calității apei în centralele termoelectrice"

București, 11—13 octombrie 1984

În perioada 11—13 oct. 1984 S.Ch.E. din ICEMENERG a organizat la sediul din București o consfătuire de lucru cu tema „Asigurarea calității apei din centralele termoelectrice", la care au participat toți șefii secțiilor chimice ai laboratoarelor chimice din centralele termoelectrice ale M.E.E. și ale altor ministere (peste 100 de delegați).

Lucrările consfătuirii au trezit un viu interes în rîndurile participanților și au scos în evidență o serie de neajunsuri în menținerea regimului chimic în centrale, pentru a căror remediere trebuie luate unele măsuri de proiectare și exploatare, după cum urmează :

1. Pentru asigurarea bunei funcționări a preîncălzitoarelor de apă brută în sensul asigurării temperaturii optime pentru procesul de pretratare (18—24°C), este necesar ca apa brută să fie lipsită de suspensii grosiere.

În acest sens se impune introducerea, în schema instalațiilor de demineralizare, a denisipatoarelor de apă brută, cu atît mai mult cu cît suspensiile grosiere dăunează și procesului de limpezire.

2. Pentru buna funcționare a decantoarelor de apă brută este indispensabilă menținerea constantă a presiunii apei brute, deci se impune echiparea instalațiilor de pretratare cu regulatoare de presiune.

3. Conform prescripțiilor ISCIR C 18/82 și PE 218/83, principalii indici fizico-chimici pentru controlul regimului chimic al cazanelor sînt : conținutul de SiO_2, pH-ul și conductivitatea corectată pentru volatile (măsurată în flux continuu pe cationit).

Din lucrările consfătuirii a rezultat că în centralele termoelectrice aparținînd M.E.E. nu sînt condiții pentru efectuarea analizei de conductivitate în flux continuu pe cationit, din cauza răcirii necorespunzătoare a meselor de probă (la temperaturi mai mari de 30°C cationitul nu reține complet amoniacul, iar la temperaturi mai mari de 55°C el se degradează ireversibil și nu mai reține deloc amoniacul). Cum în centralele noastre sînt foarte puține cazane echipate cu conductometre automate pe apă de alimentare, aburi și condensat, iar din acestea nu funcționează decît o mică parte (la UE Pitești, CET Palas, CET Craiova, CTE Mintia și CTE Luduș), în cea mai mare parte a centralelor termoelectrice practic nu se controlează conținutul de săruri din apa de alimentare, abur și condensat și ca urmare nu se pot pune în evidență impurificările cu săruri.

Pentru preîntîmpinarea și combaterea acestor neajunsuri se impun următoarele măsuri :

3.1. Asigurarea răcirii corespunzătoare a meselor de probă prin utilizarea ca agent de răcire a apei tratate, a cărei posibilitate de recuperare să fie analizată cu toată răspunderea de către proiectant (la centralele noi, de realizare răspunde ISPE, iar la cele în funcțiune conducerile centralelor).

3.2. Dotarea prin proiect a instalațiilor de cazane cu conductometre automate cu mai multe puncte de măsură, pentru controlul permanent al conductivității apei de alimentare, a condensatului de bază și a aburului produs.

3.3. Punerea în funcțiune a tuturor conductometrelor sau salinometrelor automate din dotarea cazanelor.

Ing. Ana Niculescu — ICEMENERG

Consfătuirea de lucru cu tema: „Utilizarea uleiurilor electroizolante în sectorul energetic"

Sibiu, 19—20 septembrie 1984

În zilele de 19—20 septembrie 1984 s-au desfășurat la Sibiu, lucrările Consfătuirii de lucru cu tema „Utilizarea uleiurilor electroizolante în sectorul energetic". Au participat delegați din partea M.E.E.-DT, IRE-urilor, Rafinăria Ploiești, ICITPR-Ploiești, CIPEET, IDEB, ICEMENERG.

Delegații ICEMENERG au prezentat următoarele probleme :

1. Metode de conservare, tratare, manipulare a uleiurilor electroizolante, în gospodăriile de ulei.
Autor : ing. Pantu Ștefan

2. Îmbunătățirea calității uleiurilor prin aditivare autooxidantă
Autor : ing. Sanda Popescu

3. Utilizarea spectrofotometriei în infraroșu la determinarea conținutului de aditivi din uleiurile electroizolante
Autor : ing. Werner Gooss

4. Aspecte privind importanța prelevării corecte a probelor de ulei electroizolant pentru analize speciale
Autor : ing. Gh. Fischer

Delegații IRE Sibiu au prezentat problemele :

1. Prezentarea instalațiilor mobile și fixe de recondiționare a uleiului electroizolant, fabricate la IRE Sibiu.
Autor : ing. Blag Petre

2. Preocupări la IRE Sibiu privind posibilitățile de regenerare a uleiului electroizolant
Autor : ing. Călin Octavian

Consfătuirea s-a înscris în acțiunile organizate în întîmpinarea celui de al XIII-lea Congres al Partidului Comunist Român, avînd drept scop mobilizarea cadrelor tehnico-inginerești la realizarea integrală a programului de dezvoltare energetică a țării. S-au prezentat și dezbătut probleme ridicate de buna organizare a gospodăriilor de uleiuri electroizolante din cadrul IRE-urilor, precum și aspecte privind preocupările de fabricare și utilizare, pentru prima dată în țară, a uleiurilor aditivate.

În urma discuțiilor purtate s-au conturat următoarele propuneri :

1. Întocmirea, prin conducerea ICEMENERG, a unei note către Centrul de Informare a Lucrătorilor din M.E.E. (IRE) în vederea perfecționării chimiștilor din M.E.E. (IRE) în probleme de uleiuri electroizolante.

2. Reactualizarea și difuzarea la toate unitățile CIRE a circularei privind dotarea minimă a laboratoarelor de uleiuri din cadrul IRE-urilor.

3. Întocmirea unor norme de timp în concordanță cu standardul de metodă pentru determinările fizico-chimice la uleiuri electroizolante cu valabilitate în toate unitățile M.E.E.

4. Popularizarea instalațiilor de regenerare fabricate la IRE Sibiu.

5. Reactualizarea standardului : „Recoltarea probelor de ulei electroizolant din transformatoare".

6. Reproiectarea trusei de prelevare gaze din transformatoare, de către IRE Sibiu în colaborare cu ICEMENERG și reactualizarea instrucțiunilor.

7. Continuarea urmăririi comportării în utilizare a uleiului aditivat TR 25 A.

8. Convocarea unei ședințe cu factorii interesați pentru discutarea folosirii unor cisterne CFR dotate și utilizate exclusiv pentru uleiuri electroizolante.

9. Oportunitatea organizării unei întruniri de lucru anuale pe această temă, fapt ce se va traduce prin obținerea unor rezultate pozitive în exploatarea uleiurilor electroizolante.

Ing. Sanda. Popescu — ICEMENERG

СОДЕРЖАНИЕ

МАРИЯ МАФТЕЙ: Химия в энергетике, приоритетные направления, вклад, перспективы 145—146

ВОДОПОДГОТОВКА

ЛУИС СТАНИСАВЛИЕВИЧ: Вопросы по водоподготовке в промышленности 146—150

МАРИЯ МАФТЕЙ, АЛИС-АНКА КОКОШ: Технология по водоподготовке в охлаждающих трактах конденсаторов 150—151

АЛЕКСАНДРУ ТУРАСИ: Химический режим котлов 1035 т/час 151—152

АНА НИКУЛЕСКУ: Вопросы по водоподготовке, возникнутые при техническом освидетельствовании котла 420 т/час, работающего на лигните 152—153

ЛУЧИЯН НЕГУЛЕСКУ, МИХАЙ ЧЕКЛАН, РОДИКА ЧЕКЛАН: Модель расчёта для установления технологии по водоподготовке в промышленных тепловых станциях 153—156

ЭЛЕНА КИРИКА, МИХАЙ КИРИКА: Влияние качества пара на надёжность в эксплуатации паровых турбин со сверхкритическими параметрами 157—159

НИКОЛАЕ НИНЭ: Настоящие и перспективные вопросы химии в проектировании тепловых электростанций 159—160

КАЧЕСТВО ТОПЛИВА

МАРИЯ МАФТЕЙ, КОНСТАНТИН КУЙБАК-ПИКУ, ВИКТОРИЯ ДЭНЕЦ: Полупромышленная установка для обогащения лигнита в ТЭЦ Ровинарь 161—162

ИОАНА ГОЛЕШТЕАНУ: Скорость сжигания остатка углерода на примере сгорания битуминозного сланца из бассейна Анина 163—165

ЭЛЕНА СЭНДУЛЕСКУ, КОНСТАНТИН СПЭТАРУ: Соображения по некоторым факторам влияния в быстром определении низшей теплотворной способности лигнитов в потоке, с помощью использования радиометрического метода 166—170

ИОАН ИФРИМ: Непрерывное определение теплотворной способности газового топлива 171

КАЧЕСТВО МАСЛА

ШТЕФАН ПАНЦУ: Использование смазочного, трудно воспламеняемого масла 172—173

АЛЕКСАНДРА ПОПЕСКУ: Вопрос о добыче в стране электроизолирующего аддитивного масла 173—175

АНТИКОРРОЗИЙНАЯ ЗАЩИТА

АЛИС-АНКА КОКОШ: Способ для начального пассивирования латунных трубок конденсаторов паровых турбин 176—177

ФЛОРИНА ВАСИЛЕ: Методы по консервации котлов 1035 т/час в периодах остановок выше 15 дней 177—178

ХИМИЯ В АТОМНЫХ СТАНЦИЯХ

МИХАЙ КИРИКА: Химические вопросы возникнутые в пуске в эксплуатацию АЭС (конвенциональная часть) 179—180

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

ЛЕЛИАН ЧОРОЯНУ: Огнеупорный раствор для защиты электрических кабелей, типа АПСА — К 180—181

ВИРДЖИНИЯ МУНТЕАНУ: Ингибитор коррозии для кислотной промывки в пуске в эксплуатацию — типа ТРИАВ-М 182—183

ГАБРИЕЛА ЧОРОЯНУ, РОДИКА КОРНЕА: Теплоизоляционный материал для тепловой изоляции дымовых труб ТЭС 183—184

МАРИАНА ХОРКИ: Компаундный раствор, типа ПАВ-Х, для уплотнения электрогенераторов 185—186

ХРОНИКА 186—187

INHALTSVERZEICHNIS

MARIA MAFTEI: Die Chemie in der Energiewirtschaft, vorzügliche Entwicklungsrichtungen, Beiträge, Perspektiven 145—146

DIE WASSERBEHANDLUNG

LOUIS STANISAVLIEVICI: Fragen zur Behandlung des Wassers in der Industrie 146—150

MARIA MAFTEI, ALICE-ANCA COCOŞ: Die Behandlungstechnologie des Wassers in den Kühlkreisläufen der Kondensatoren 150—151

ALEXANDRU TURASY: Die chemische Fahrweise bei den 1035 t/h-Kessel 151—152

ANA NICULESCU: Chemische Fragen bei der Überführung des 420 t/h-lignitbefeuerten Kessels 152—153

LUCIAN NEGULESCU, MIHAIL CECLAN, RODICA CECLAN: Berechnungsmodell für die Bestimmung der Wasserbehandlungstechnologie in industriellen Heizkraftwerken 153—156

ELENA CHIRICA, MIHAI CHIRICA: Die Abhängigkeit der Betriebszuverlässigkeit der Turbinen mit überkritischen Dampfqualitätskennwerten 157—159

NICOLAE NINĂ: Aktuelle und Zukunfts-Fragen in der Planung der Wärmekraftwerke 159—160

BRENNSTOFFQUALITÄT

MARIA MAFTEI, CONSTANTIN CUIBAC-PICU, VICTORIA DĂNEŢ: Die Pilotanlage zur Anreicherung des Lignits im Wärmekraftwerk Rovinari 161—162

IOANA GOLEŞTEANU: Die Brenngeschwindigkeit des des Kohlenrückstandes mit Anwendung beim bituminösen Schiefer Anina 163—165

ELENA SĂNDULESCU, CONSTANTIN SPĂTARU: Betrachtungen über einige Einflussfaktoren in der raschen Bestimmung, in einem Strom, des unteren Heizwertes der Lignitkohle durch Strahlungsmessungen 166—170

IOAN IFRIM: Die kontinuierliche Bestimmung des Heizwertes der Brenngase 171

DIE ÖLQUALITÄT

ŞTEFAN PANŢU: Die Anwendung der schwer brennbaren Schmiermittel 172—173

ALEXANDRA POPESCU: Die Herstellung der additivierten elektroisolanten Öle in unserem Lande 173—175

DIE KORROSIONSBEKÄMPFUNG

ALICE-ANCA COCOŞ: Ein Verfahren zur Anfangspassivierung der Messingrohren der Dampfkondensatoren 176—177

FLORINA VASILE: Konservierungsmethoden der 1035 t/h-Kessel während Stillständen, die länger als 15 Tage dauern 177—178

CHEMIE IN DEN KERNKFRAFTWERKEN

MIHAI CHIRICA: Chemieverbundene Fragen bei der Inbetriebsetzung des Kernkraftwerkes — der klassische Teil 179—180

EINFÜHRUNG NEUER WERKSTOFFE

LELIAN CIOROIANU: Lösung der Brandfestigkeit der elektrischen Kabelleitungen — APSA—C 180—181

VIRGINIA MUNTEANU: Korrosionsinhibitor für Säurebehandlungen bei der Inbetriebnahme — TRIAV—W 182—183

GABRIELA CIOROIANU, RODICA CORNEA: Wärmeisolierstoff für die Thermoisolation der Schornsteine der Wärmekraftwerke 183—184

MARIANA HORCHI: Abdichtungscompound PAV-H für die Abdichtung der elektrischen Generatoren 185—186

CHRONIK 186—187

SOMMAIRE

MARIA MAFTEI: La chimie dans l'énergetique, ses directions prioritaires, sa contribution, ses perspectives 145—146

LE TRAITEMENT DE L'EAU

LOUIS STANISAVLIEVICI: Problèmes concernant la préparation de l'eau pour l'industrie 146—150

MARIA MAFTEI, ALICE-ANCA COCOŞ: La technologie de conditionnement des eaux des circuits de refroidissement des condensateurs 150—151

ALEXANDRU TURASY: Le régime chimique caractéristique aux chaudières de 1035 t/h 151—152

ANA NICULESCU: Les problèmes chimiques visant à l'homologation de la chaudière de 420 t/h fonctionnant à lignite 152—153

LUCIAN NEGULESCU, MIHAIL CECLAN, RODICA CECLAN: Modèle de calcul pour la détermination de la technologie de traitement de l'eau dans les centrales thermiques industrielles 153—156

ELENA CHIRICA, MIHAI CHIRICA: La dépendance de la sécurité de fonctionnement des turbines à parametres supercritiques de la qualité de la vapeur 157—159

NICOLAE NINĂ: Problèmes de chimie actuels et de perspective dans la projection des centrales termoelectriques 159—160

LA QUALITÉ DES COMBUSTIBLES

MARIA MAFTEI, CONSTANTIN CUIBAC-PICU, VICTORIA DĂNEŢ: L'installation pilote pour l'enrichissement du lignite de la CTE Rovinari 161—162

IOANA GOLEŞTEANU: La vitesse de combustion du résidu de carbone avec application au schiste bitumineux d'Anina 163—165

ELENA SĂNDULESCU, CONSTANTIN SPĂTARU: Considérations sur quelques facteurs déterminants pour la détermination rapide en flux du pouvoir calorifique inférieure des lignites par la méthode radiometrique 166—170

IOAN IFRIM: La détermination continuelle du pouvoir calorifique des gaz combustibles 171

LE QUALITÉ DES HUILES

ŞTEFAN PANŢU: L'utilisation des lubrifiants difficilement inflamables 172—173

ALEXANDRA POPESCU: La réalisation dans notre pays des huiles électroisolantes additives 173—175

LUTTE CONTRE LA CORROSION

ALICE-ANCA COCOŞ: Le procédé concernant la passivation initielle des tuyaux en cuivre des condenseurs à vapeur 176—177

FLORINA VASILE: Méthodes de préservation des chaudièrs de 1035 t/h pendant les durées de mise hors service plus longues de 15 jours 177—178

LA CHIMIE DANS LES CENTRALES NUCLÉAIRES

MIHAI CHIRICA: Les problèmes de nature chimique à la mise en service de la centrale nucléaire-électrique. La partie classique 179—180

ASSIMILATION DES MATÉRIAUX NOUVEAUX

LELIAN CIOROIANU: Solution ignifuge pour la protection des câbles électriques APSA—C. 180—181

VIRGINIA MUNTEANU: Inhibiteur de corrosion pour les lavages acides à la mise en service TRIA—M 182—183

GABRIELA CIOROIANU, RODICA CORNEA: Le matériel thermoisolant pour l'isolation thermique des cheminées des centrales thermoélectriques 183—184

MARIANA HORCHI: Compound pour le scellement des générateurs électriques 185—186

CHRONIQUE 186—187

SUMMARIES

MARIA MAFTEI : Chemistry in Energetics, Prioritary Directions, Contributions, Perspectives . . . 145—146

WATER TREATMENT

DC : 621.187.12

LOUIS STANISAVLIEVICI : Industrial Water Pretreatment Problems

The author discusses the problems connected to the industrial water pretreatment under the circumstances of high pollution of surface water and increasing severness of chemical and physical indeces of the treated water.

[Energetica 33 (1985), nr. 4, p. 146—150]

DC : 621.319.4 : 621.187.12

MARIA MAFTEI, ALICE-ANCA COCOȘ : Condenser Cooling Circuits Water Treatment Technology

The paper presents the condenser cooling circuits water treatment technology. The technology implies the addition of alkaline anorganic polyphosphates for the crusts dissolving in the first place. The disencrustant action manner is shortly presented as well as the first industrial application of the technology have stated its efficiency.

[Energetica 33 (1985), nr. 4, p. 150—151]

DC : 621.311.22/23 : 621.311.18

ALEXANDRU TURASY : The Chemical Regime of 1035 t/h Boilers

The 1035 t/h boilers being once-through Benson type boilers need a supply of reduced mineral's content water as compared to other boiler types; the values of these indeces and the manner to obtain them are presented.

[Energetica 33 (1985), nr. 4, p. 151—152]

DC : 621.311.22/23 : 621.311.18

ANA NICULESCU : Chemistry Problems Occured During the Homologation of the Lignite Burning 420 t/h Boiler

In order to reach the in force physical-chemical steam indeces at the Romanian 420 t/h and 155 ata lignite burning boiler a series of changes were performed at the drum separation system.

[Energetica 33 (1985), nr. 4, p. 152—153]

DC : 62.311.22/23 : 621.187.15

LUCIAN NEGULESCU, MIHAIL CECLAN, RODICA CECLAN : Calculation Model for the Water Treatment Technology in Industrial Heating Plants

The paper presents a computing program model for establishing the treatment technology of steam generators water. The optimal supply water treatment solution depending on the steam generator parameters has a direct influence on the chemical regime and the reliability.

[Energetica 33 (1985), nr. 4, p. 153—156]

DC : 621.311.22/23 : 621.165 : 621.3.019.3

ELENA CHIRICA, MIHAI CHIRICA : The Dependence of the Supercritical Parameters Turbines Reliability on the Steam Quality

The phenomena occuring with the turbines operating at supercritical parameters during their operation with steam surpassing much the admitted chemical indeces limits, and their effects on the reliability are presented.

[Energetica 33 (1985), nr. 4, p. 157—159]

DC : 621.311.22/23.001.1 : 621.187.15

NICOLAE NINĂ : Present and Future Problems of Chemistry in the Design of Thermal Power Plants

The intense development of industry, large water consumer raises a series of problems for the design engineers connected to the scarcening of available water sources, their depreciation due to industrial pollution and to the increase of quality requirements of waste waters discharged into the emissary.

A rational use of existent sources imposes the design engineers to adopt several new solutions for the decrease of water consumption inside the plant (cooling and technological water, water for the treatment installations, boiler supply water, etc.).

[Energetica 33 (1985), nr. 4, p. 159—160]

FUEL QUALITY

DC : 621.311.22/23 : 662.642

MARIA MAFTEI, CONSTANTIN CUIBAC-PICU, VICTORIA DĂNEȚ : The Lignite Enrichment Pilot Station at the Thermal Power Plant Rovinari

The installation was built in order to test the lignite enrichment technology and for its final outfitting. From the studies carried out with the Energy Research and Modernising. Institute and the Hydrotechnical Research Institute the technology has resulted as being optimal. The installation's capacity of is 150 t crude lignite per hour. From the tests carried out so far an increase of the heating value of about 300 kcal/kg as compared to the crude lignite and and elimination of the sterile of about 25% have resulted. The tests are set forth with different coal types from the Rovinari coal field.

[Energetica 33 (1985), nr. 4, p. 161—162]

DC : 621.311.22/23 : 662.67

IOANA GOLEȘTEANU : The Burning Speed of Coal Waste With an Application at the Anina Bituminous Shale

The paper presents the determination method of the burning speed differential equation for the coal waste of the Anina bituminous shale, based on the $TG = f(\tau)$ curve traced experimentally with the derivatograph.

[Energetica 33 (1985), nr. 4, p. 163—165]

DC : 662.642.001.5

ELENA SĂNDULESCU, CONSTANTIN SPĂTARU : Considerations Upon Some Influence Factors in the Rapid Determination in a Flux of the Low Heating Value of the Lignites by the Radiometric Method

The paper presents the experimental results obtained by the use of the radiometric measurement complex for the determination of the sterile content (A^i), and of the heating value content (Q_i^i), implicitly.

Compared to the discontinuous laboratory method, the radiometric method to determine in a flux the low heating value presents high advantages, since the calculation manner imposed in the algorithm of the device (long time mediation decreases the deviations of individual values, growing close to the quadratic mean valued eviation ($\pm\tau$) of the classical method.

From the studies carried out during the year 1984 regarding the influence of some factors it has resulted quantitatively, that for the variation of one percent of iron (compared to the crude coal) a variation of the radiometric indications for the sterile content (A^i) of 6 (six) percents is obtained.

Further, during the year 1985, the influences of the other factors will be studied, such as:

— the measurement geometry (the distance H between the source and the layer surface);
— the coal granulation;
— the coal nature;
— the fuel conveyer belt speed.

[Energetica 33 (1985), nr. 4, p. 166—170]

DC : 662.76.001.5

IOAN IFRIM : The Continuous Heating Value Determination of Burning Gases

The composition and heating value variation of burning gases during one day makes a single day determination to be insufficient.

For a sufficiently precise calculation of the energy input of the burning gases it is compulsory to determine the heating value continuously using registration calorimeters or in the case of the discontinuous methods use, the determination is to be performed on average samples.

[Energetica 33 (1985), nr. 4, p. 171]

OILS QUALITY

DC : 621.892.004.1

ȘTEFAN PANȚU : The Use of Poorly Inflammable Lubricants

The paper presents the advantage of using poorly inflammable lubricants in the greasing and control systems of steam turbines, in order to prevent accidental fire outbursts.

The results of worldwide studies on this subject are reminded the main poorly inflammable lubricant liquids types compared to the mineral oils are presented as well as some practical possibilities to obtain such types of liquids in our country.

[Energetica 33 (1985), nr. 4, p. 172—173]

DC : 621.315.615.2

ALEXANDRA POPESCU : The Making in Our Country of Additivated Electroinsulating Oils

The paper presents the concerns regarding the studies to enable the making in our country of antioxidant additivated electroinsulating oils, considering the technological and raw materials possibilities existing at present in our country.

The results of researches concerning the additivation of transformer oil are presented as well as the provision of the contitions (basic and antioxidant) for making in our country a new electroinsulating oil.

[Energetica 33 (1985), nr. 4, p. 173—175]

CORROSION PREVENTION

DC : 621.175 :621,643.004.1

ALICE-ANCA COCOȘ : Procedure Regarding the Initial Passivization of the Steam Condenser Brass Pipes

The practice of maintenance and operation of condenser pipes consists of several passivization procedures concerning the formation of oxides, adherent to the metallic walls.

The paper describes a new own technology for the passivization of brass pipes in inhibated slightly acid media. The artificial outer layers resulted provide an advanced protection and an increased resistance against pipe corrosion.

[Energetica 33 (1985), nr. 4, p. 176—177]

DC : 621.3311.18

FLORINA VASILE : Methods for the Conservation of 1035 t/h Boilers During Stillstands Longer Than 15 Days

The eletrochemical phenomena occuring at the interface metal-medium are presented with special reference to the boiler pipes during stillstands. Depending on the stillstands time several conservation processes recommended in litera ture are quoted.

Among these the anticorrosive protection method with sodium acetate are been applied to 1035 t/h boilers during stillstands longer than 15 days, is presented. The method has been applied on an industrial scale with good results.

[Energetica 33 (1985), nr. 4, p. 177—178]

NUCLEAR POWER PLANT CHEMISTRY

DC : 621.311.25 : 621.039.002.1

MIHAI CHIRICA : Chemistry Problems at the Commissioning of the Nuclear Power Plant — The Classical Part

The paper presents the following aaspects of the chemical regime during the commissioning of the nuclear power units of the CANDU type (the classical part) from Cernavodă :

— quality requirements for the supply and additional water for the steam generators ;

— measures to be taken during the construction and erection of the equipment in order to ensure the chemical regime from the second thermal circuit.

[Energetica 33 (1985), nr. 4, p. 179—180]

NEW MATERIALS' ASSIMILATION

DC : 621.315.24 : 614.84

LELIAN CIOROIANU : Fireproofing Solution for the Protection of Electric Cables — APSA—C

The installations of the economic enterprises have a large number of electric cables disposed as cables bridges which are in constant danger of fire.

In order to protect the cables against fire they are covered with a fireproofing protection paint.

The paint is a mixture of a disperse resin system mixed with water, a plasticizer, a chlorinated hydrocarbon and one or more anorganic non-combustible materials, from which some have a fibrous structure and others a powdery structure. It is sprayed on cable bridges, wood, plastics and other combustible materials.

This fireproofing cover is break-resistant, resistant to thermal shocks, to ageing, it is elastic, ignifugated, non-smeelling, non-poisonous and adherent to bare surfaces.

By applying several layers of fireproofing solution a very good fire resistance and a high flexibility is ensured.

[Energetica 33 (1985), nr. 4, p. 180—181]

DC : 621.3.002.5.005.4

VIRGINIA MUNTEANU : Corrosion Inhibitor for Commissioning Acid Treatment — TRIAV—M

The corrosion inhibitor used in the case of the acid washings of energy installations provokes a minimal corrosive action of the washing agent on the metallic surface and dissolves the impurities without attacking it.

The corrosion inhibitor TRIAV-M is an amino-compound based on mercaptobenzthiazole and amino triethanol.

It is obtained in enameled pressurized reactor vessels and it is used introduced in a quantity of 0.5 % inhibitor in 100 ml 3 % sulphurous acid solution.

The protecting effect obtained by using the compound is of 99.5 to 99.8 %.

[Energetica 33 (1985), nr. 4, p. 182—183]

DC : 697.8.002.2 : 621.186

GABRIELA CIOROIANU, RODICA CORNEA : Thermal Insulating Material for the Thermal Insulation of Electric Power Plant Stacks

In order to protect the concrete against the distructive action of temperature and aggressive chemical agents existing in the flue gases reaching the stack, one places between the internal concrete structure wall and the thermal agent a structure consisting of a thermal insulating material applied in plates on the antiacid sandstone cylinder which is in contact with the gases.

The material has a basis of pearlite binder with non-saturated polisteric resins.

The milled composition is pressed into plates resistant to the action of chemical agents, impermeable, with an apparent low specific weight, with a small thermal conductivity coefficient and resistant to the maximum temperature admitted within the stacks.

[Energetica 33 (1985), nr. 4, p. 183—184]

DC : 621.313.12

MARIANA HORCHI : Tightening Compound PAV-H for Tightening Electric Generators

Electric generators cooled with a continuous hydrogen flow are tightened by injecting a tightening material into the channnels of the shields.

The tightening material is a compound based on a diethylene glykole poliadipate.

In order to achieve a compound of the corresponding viscosity the diethylene glykole poliadipate was mixed with a charge of filling material (asbestos) and in order to enable injection a small percentage of lubrifier (vaseline) was added.

This tightening compound maintains its elasticity in time and this permits the fresh compound reinjection, in case of tightness absence ; it withstands a temperature of 60—80°C it adheres to the metallic surface and the compound tightening resists to the penetration of 4 atm of hydrogen.

The use of the tightening compound offers reliability for the generator by eliminating hydrogen losses.

[Energetica 33 (1985), nr. 4, p. 185—186]

CHRONICS 186—187

COLEGIUL DE REDACȚIE

Președinte, redactor responsabil : **dr. ing. Călin Mihăileanu**
Redactori responsabili adjuncți : **dr. ing. Nicolae Armencoiu, dr. ing. Gheorghe Bălan**
Secretar de redacție : **dr. ing. Eugeniu Pavel**
Gestiune financiară : **ec. Gheorghe Ursache**

Orientări în energetică : **dr. ing. Mario Duma**
Energetica în unități economice : **ing. Ion Măiereanu**
Dezvoltarea sistemelor energetice : **dr. ing. George Manolescu**
Conducerea și automatica SE : **dr. ing. Victor Romert, dr. ing. Jean Constantinescu**
Centrale termoelectrice : **conf. dr. ing. Costin Moțoiu, ing. Romeo Zbarcea, dr. ing. Teodor Popa, ing. Horia Furtunescu**
Centrale hidroelectrice : **dr. ing. Gheorghe Luca**
Centrale nucleare electrice : **ing. Adrian Georgescu**
Rețele electrice : **ing. Dinu Voinea, ing. Nicolae Georgian**
Alimentare cu căldură : **ing. Nicolae Niculescu**
Surse și tehnologii noi : **dr. ing. Alexandru Floreșcu**
Tehnologii chimice în energetică. Poluare : **dr. chim. Maria Maftei**
Organizarea muncii : **ing. Miron Popescu, ing. Dan Iosifescu**
Istoria energeticii : **ing. Paul Cartianu**
Buletin informativ : **ing. Mihai Nistor, ing. Romulus Sfichi**

Centre universitare și industriale :
București : **conf. dr. ing. Alexandru Selischi**
Iași : **prof. dr. ing. Alexandru Poeată**
Timișoara : **prof. dr. ing. Viorel Negru**
Cluj : **conf. dr. ing. Silviu Darie**

Revista „ENERGETICA" este editată și administrată de Institutul de Cercetări și Modernizări Energetice prin Oficiul de Informare Documentară pentru Energetică. **Vasile Pleșca** — șef OIDE, **Ana Maria Chivu** — redactor

Revista ENERGETICA este publicație lunară devotată preocupărilor spirituale și realizărilor materiale în domeniul energeticii.

În revista ENERGETICA se publică :

Articole

Informații referitoare la : publicații recente (cărți, reviste), noutăți științifice și tehnice, invenții și inovații, experiență de exploatare, realizări remarcabile, manifestări tehnico-științifice naționale și internaționale (congrese, conferințe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse : cronici, recenzii, discuții la articole publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuțiilor în jurul meselor rotunde.

Instituțiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 — BN R.S.R. Fil. Sector 3. Costul unui abonament : 144 lei anual ; costul unui exemplar : 12 lei.

41 401

ANNOUNCEMENTS FOR READERS ABROAD

- **The review "Energetica" can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages**
- **The review "Energetica" proposes a publication exchange with similar reviews and in relating fields**
- **The review "Energetica" provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well**
- **The review "Energetica" publishes on request from authors abroad reports of energy or other materials : technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia, etc. written in one of the worldwide spoken languages**
- **Readers from abroad can subscribe through : ROMPRESFILATELIA — sectorul import-export PO. Box 12—201, telex 10376 prsfir, Calea Griviței nr. 64—66.**

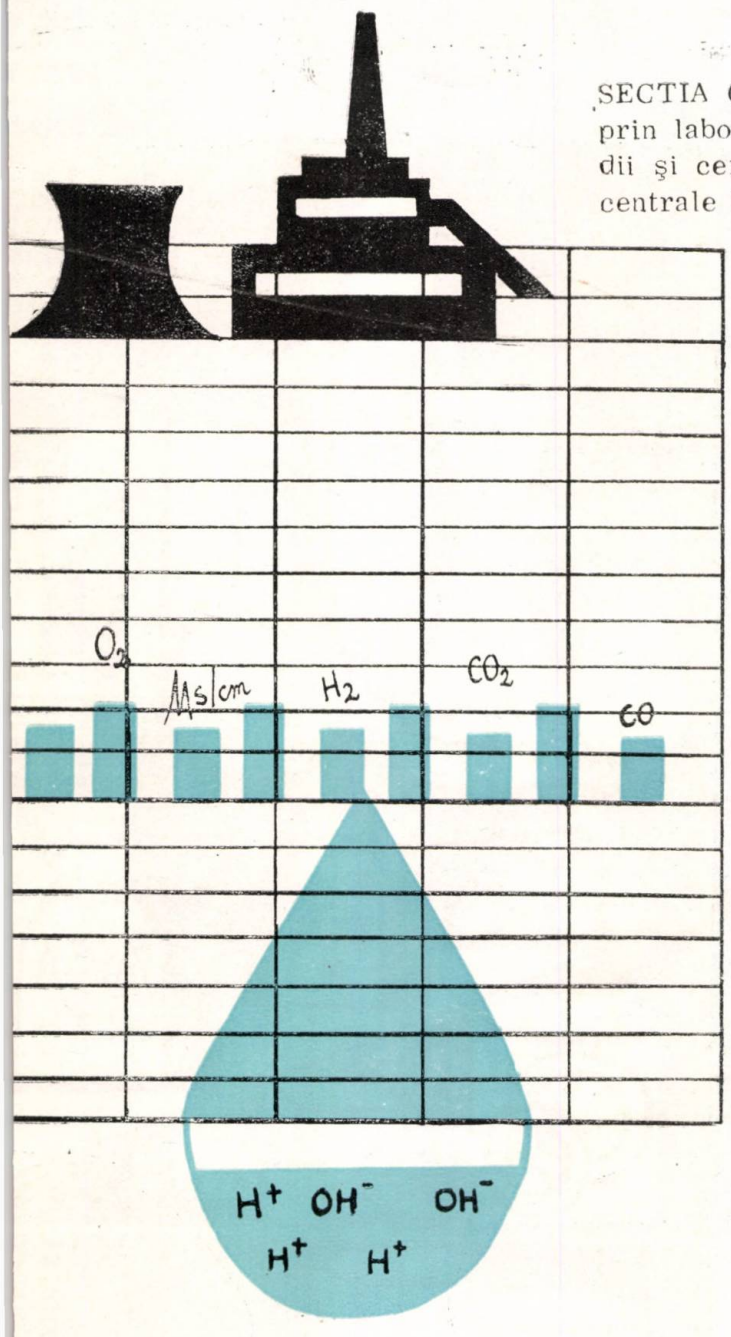
Redacția și administrația : București 79619, Bd. Energeticienilor nr. 8, sect. 3
Telefon : 20.67.30, 21.46.30.

Tiparul : Întreprinderea Poligrafică „Informația", București, str. Brezoianu 23—25, c. 1136

INSTITUTUL DE CERCETĂRI ŞI MODERNIZĂRI ENERGETICE

ICEMENERG

Bd. ENERGETICIENILOR 8 ● SECTORUL III
79619 BUCUREŞTI ● Telefon : 214630 ; 206730
Telex : ICEMENERG 10783 ● CONT: 30.11.8.01.01
BNRSR Filiala Sector III BUCUREŞTI

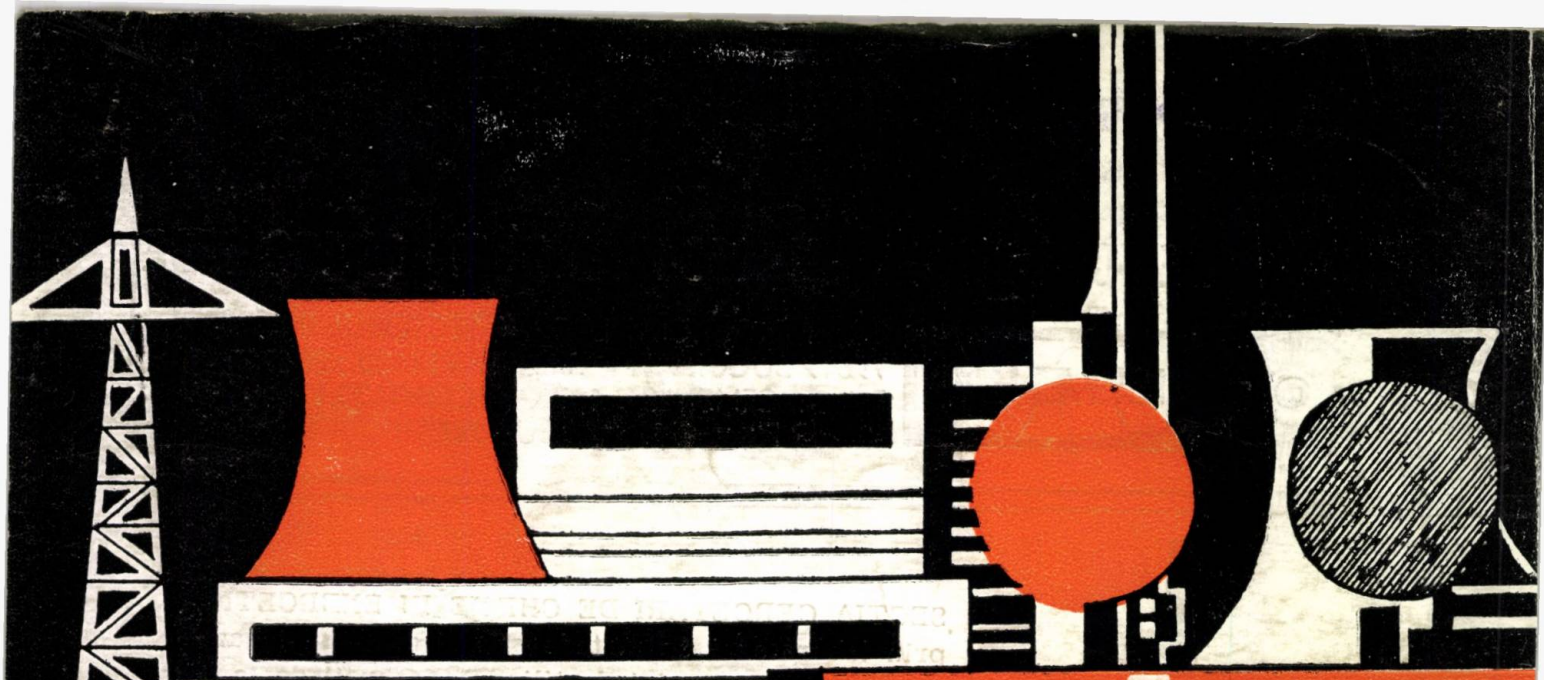


SECTIA CERCETARI DE CHIMIE IN ENERGETICA, prin laboratorul de metode şi aparate, efectuează studii şi cercetări privind utilizarea cenuşii de la termocentrale în materiale de construcţii.

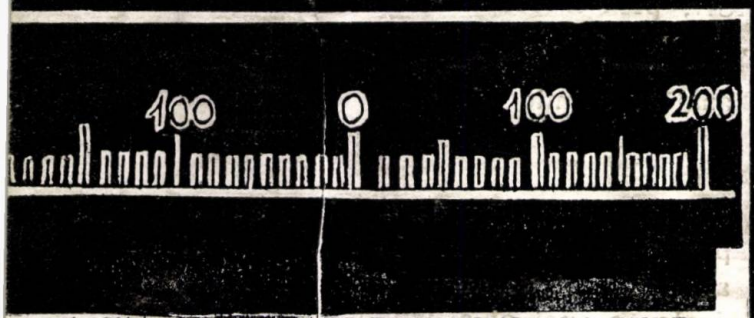
SECTIA CERCETARI DE CHIMIE IN ENERGETICA, prin laboratorul de metode şi aparate, acordă asistenţă tehnică privind :

- analize chimice de materiale şi materii prime utilizate în centrale termoelectrice ;
- analiza produşilor de coroziune şi a depunerilor din centralele termoelectrice ;
- analiza apei de suprafaţă, a apei reziduale, a apei şi aburului din cazanele CTE şi CNE ;
- analiza gazelor de ardere şi a poluanţilor atmosferici specifici CTE ;
- analize chimice interfazice asupra materialelor noi utilizate în CTE.

ECTIA CERCETARI DE CHIMIE IN ENERGETICA,
rin laboratorul de metode şi aparate, care este do-
at cu aparatură modernă specifică chimiei analitice,
xecută determinări spectrofotometrice, spectrofoto-
ietrie de absorbţie atomică, pH-metric-potenţiometric,
olorografie, derivatografie etc.



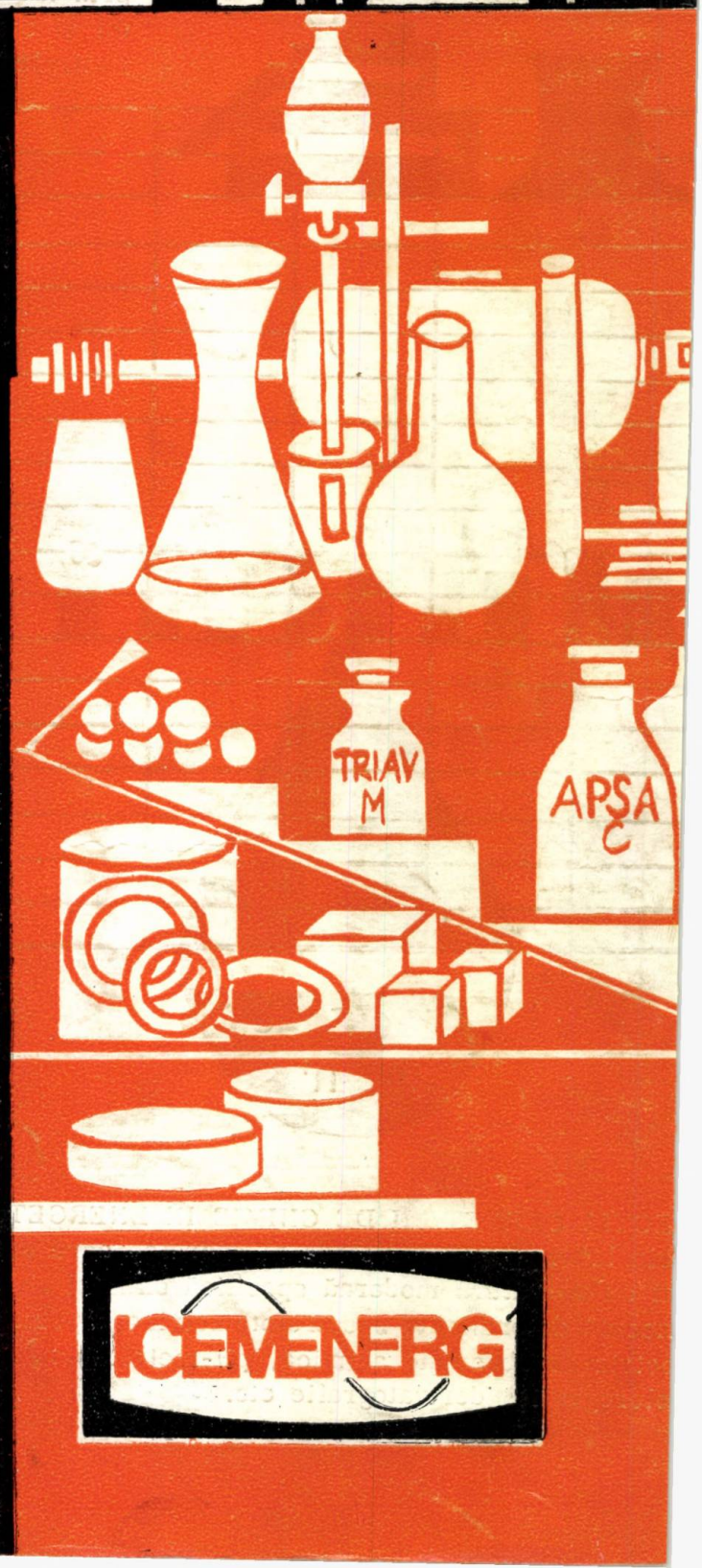
1985 OKT 17



SECTIA CERCETARI DE CHIMIE IN ENERGETICA - colectivul materiale noi - efectuează studii şi cercetări privind asimilări de materiale noi necesare sistemului energetic naţional şi anume :

- articole tehnice din cauciuc ;
- soluţii de protecţie la foc a cablurilor electrice ;
- inhibitori de coroziune ;
- materiale termoizolante ;
- paste de etanşare ;
- paste de durificare a suprafeţelor metalice ;
- lacuri semiconductoare ;
- membrane semipermeabile pentru osmoză inversă ;
- soluţii de protecţie a conductelor, pompelor şi armăturilor.

Acordă, de asemenea, asistenţă tehnică în centralele electrice privind experimentarea şi aplicarea în producţie a produselor asimilate.



E 2039

1985 JUL 2

MW

Energie 5

Număr special

100 de ani de energetică românească

Cuprinsul

CĂLIN MIHĂILENU: Sursele noi de energie în energetica de tranziție 193

IOAN ANTON, GHEORGHE VOICU, FRANCISC GYULAI, CORNEL ALBU: Concepția grupului aerogenerator de 1000 kW—obiectiv tehnic de vîrf în energetica surselor neconvenționale 194

CONSTANTIN POPESCU, ȘTEFAN MARIN, IOAN TURCU, MIHAI LAURIC: Heliostate experimentale pentru centrala solară electrică 201

CONSTANTIN POPESCU, DORIN MARCEL POTLOG: Determinarea pierderilor de putere datorate abaterilor sistematice de poziționare a heliostatelor la o centrală solară electrică cu turn 207

RADU SAVULIAN, LUDMILA ȚÎNȚĂREANU: Orientarea automată a heliostatelor la o centrală solară cu turn 210

DOINA MORARU, MIRCEA STOIAN, VICTOR TEODORESCU, MIRCEA DRĂGAN, MARIAN BÂCU-COLFESCU: Aspecte privind proiectarea primei centrale solare termice montane din România 214

ALEXANDRU MIHĂILĂ, ADRIANA PREDICA, ADRIAN BUTACU: Cicluri reale de funcționare ale unei instalații de stocare chimică a căldurii 216

CONSTANTIN IULIAN, PETRU DAN LAZĂR: Considerații privind implementarea hidrocentralelor marine pe digurile de larg ale porturilor românești 220

VLADIMIR STOENESCU, EUGEN BUTNARU: Recuperarea căldurii de joasă temperatură cu grupuri turbogeneratoare cu fluide organice 226

GHEORGHE CONSTANTIN HOBEANU, CONSTANTIN POPESCU: Criterii pentru alegerea agenților de lucru la instalații de turbină de joasă temperatură 230

VOLUMUL XXXIII

BUCUREȘTI

MAI 1985

energetica

REGULATOR ELECTRONIC DE TEMPERATURA RET-1

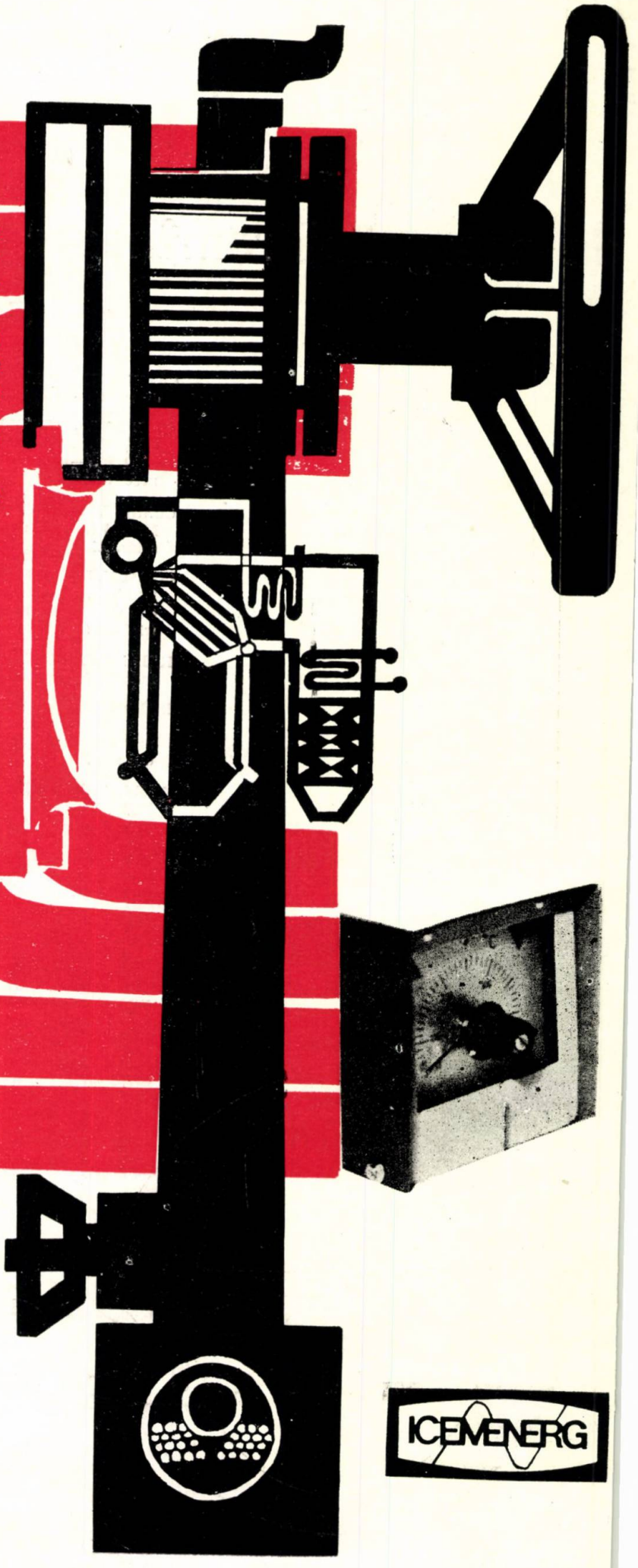
- RET-1 este un element de automatizare destinat supravegherii și reglării automate a temperaturii la instalații de încălzire cum ar fi : cuptoare electrice, instalații de injecție a maselor plastice etc. ;
- RET-1 este realizat de Secția service de probe și măsurători termomecanice din ICEMENERG ;
- RET-1 folosește ca traductor termocuplu Fe-Co ;
- Folosiți cu încredere RET-1 la instalațiile dumneavoastră !
- ICEMENERG vă poate livra operativ aparatele solicitate.
- Preț informativ : 4400 lei/buc.

Caracteristici tehnice :

- Alimentarea :
  - tensiune rețea : 220 V $\pm$ 10%
  - frecvența : 50 Hz $\pm$ 2 Hz
  - puterea electrică absorbită : cca 30 W
  - semnal ieșire (borna K) : 220 V
- Domeniul de măsură : 50°C...450°C
- Temperatura mediului ambiant : 0 ÷ 50°C
- Umiditatea relativă a aerului : 80%
- Precizia : 1%
- Timpul de răspuns : . . . . 2 s
- Dimensiuni : . . . 105x105x185 mm
- Greutate : circa 1,2 kg

- NOTA :

La cererea beneficiarilor se pot utiliza regulatoare în aceeași concepție, care să funcționeze cu orice tip de termocuplu pentru orice domenii de temperatură cuprinsă în intervalul 0—1200°C.



ICEMENERG

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

ANUL 33 Nr. 5 mai 1985

Sursele noi de energie în energetica de tranziţie

În ultimul deceniu omenirea a intrat într-o perioadă de tranziţie energetică de la „monocultura" hidrocarburilor la o situaţie nouă, în care surselor şi tehnologiilor noi şi în general nepoluante le va fi afectat un rol în continuă creştere.

Chiar dacă direcţiile principale pe plan mondial ale energeticii de tranziţie pentru depăşirea dificultăţilor energetice actuale constau în utilizarea pe scară largă a cărbunilor energetici, dezvoltarea cu un ritm nou a energeticii nucleare,economisirea pe toate căile raţionale posibile şi la toate nivelurile de consum, a energiei, în paralel cu perfecţionarea tehnologiilor, în principal a celor mari consumatoare de energie, o atenţie deosebită se acordă şi punerii treptate în valoare a noilor surse de energie, în special a celor reînnoibile, prin elaborarea unor tehnologii eficiente de conversie a lor în căldură sau energie electrică,cu speranţa că în viitor aceste surse devenind competitive, vor ajunge să acopere o parte care să nu mai fie neglijabilă în balanţa energetică mondială.

În politica energetică a ţării noastre un loc important este afectat valorificării surselor noi şi refolosibile de energie în conformitate cu programul directivă de cercetare-dezvoltare în domeniul energiei şi cu orientările de perspectivă privind dezvoltarea economică-socială a României pînă în anul 2000, jalonate de Directivele Congresului al XIII-lea al P.C.R.

În prezentul număr revista Energetica oferă cititorilor săi o serie de articole rezultate din cercetări, care, în mare parte, sînt elaborate sau coordonate de Institutul de Cercetări şi Modernizări Energetice (ICEMENERG), în domeniul conversiei surselor noi şi recuperabile în energie electrică şi căldură.

Se prezintă direcţii de cercetare privitoare la utilizarea forţei vîntului în energetica de sistem, cercetări consacrate elaborării de componente specifice centralelor solare electrice cu ciclu termodinamic şi soluţii tehnologice de comandă automată, prin calculator, a acestui tip de centrale.

Un grup de articole se referă la proiectarea unei instalaţii solare pentru producerea de căldură, amplasată în zona montană, la cercetări de optimizare a captatoarelor solare de diferite tipuri, cercetări asupra stocării căldurii şi cercetări referitoare la soluţii energetice şi tehnologice de ansamblu pentru o centrală electrică marină folosind energia valurilor.

Alte articole sînt consacrate tehnologiilor de recuperare a căldurii reziduale de joasă temperatură folosind grupuri turbogeneratoare cu fluide organice.

Unele tehnologii prezentate în acest număr, cum sînt cele privind energia vîntului, utilizarea termică a energiei solare, producerea de energie electrică din căldură de joasă temperatură recuperată, au ajuns competitive sau aproape de competitivitatea economică şi urmează să fie valorificate în viitorul apropiat.

Altele, cum sînt cele referitoare la conversia termodinamică a energiei solare, care se află încă departe de acceptabilitatea economică, sînt cercetate pentru perfecţionarea soluţiilor tehnologice care vor trebui să devină, într-un viitor mai îndepărtat, convenabile tehnico-economic.

Sperînd că cititorii vor fi interesaţi în tematica acestui număr, revista îşi propune să continue şi să diversifice şi în viitor contribuţiile în domeniul tehnologiilor de valorificare a surselor noi şi refolosibile de energie.

Dr. ing. Călin Mihăileanu
redactor responsabil

Concepția grupului aerogenerator de 1000 kW—obiectiv tehnic de vîrf în energetica surselor neconvenționale

Acad. Ioan Anton, ing. Gheorghe Voicu, prof. Francisc Gyulai, ing. Cornel Albu*

Descriptori : instalații eoliene ; energetică eoliană ; parametrii vîntului

1. Cîteva considerații generale asupra realizării aerogeneratoarelor de mare putere

Pe lîngă fezabilitatea tehnică, una din problemele de bază ale promovării utilizării aerogeneratoarelor la scară industrială este cea a realizării unor echipamente acceptabile din punct de vedere economic, eventual chiar asigurarea competitivității lor cu soluțiile „clasice".

Încă din 1959 L. Vadot [1] demonstra scăderea costurilor cu creșterea diametrelor rotorice, deci a puterii nominale, semnalînd o zonă de minim optim a indicatorului, investiție specifică ce se situa în domeniul D_{rot} = = 18 — 22 m. Ulterior și alți cercetători abordează acest subiect cu ocazia fundamentării realizării unor instalații experimentale cu caracteristici industriale.

Astfel, pentru programul american MOD [2] calculele arată că la nivelul tehnologiilor existente în S.U.A. în deceniul al VIII-lea și pentru costurile din anul 1980, optimul se situează la un nivel de putere de 2 — 6,5 MW, adică diametrele rotorice merg pînă la 150 m sau mai mult.

Odată cu acest gigantism, promovat din dorința de competitivitate economică, tehnologiile devin mai complicate, de vîrf, mai scumpe și deci mai puțin accesibile. Competitorii se reîntorc la puteri moderate, unde majoritatea dificultăților sînt practic înlăturate și se pare că nivelul de 3 — 4 MW este o limită a aplicațiilor actuale.

În paralel a început să se dezvolte un nou concept în energetica vîntului, cel al centralei aeroelectrice (CAE). Crearea de cîmpuri eoliene, ridică probleme specifice încă incomplet rezolvate (de exemplu interinfluența dintre grupuri), dar asigură prin concentrarea pe un spațiu limitat a unei puteri importante, o eficiență economică acceptabilă, chiar dacă grupurile sînt de puteri medii.

Primele studii de centrală aeroelectrică efectuate în România [3], analizînd și aspectul optimizării puterii nominale în condițiile concrete de la noi din țară, ajung la concluzia interesantă că această putere variază funcție de viteza vîntului în amplasamentul considerat, avînd valori de circa 500 — 600 kW în zona înaltă montană (V_N = 16 — 18 m/s) și de circa 1000 kW în zona litoralului (V_N=12,5 — 14 m/s).

Pentru echipamentele de conversie, dintre numeroasele variante constructive ce pot fi luate în considerație, se impun grupurile cu turbine rotind în cîmp liber — avînd axul orizontal sau vertical. Principalele programe de cercetare din țară au fost orientate către grupurile cu ax orizontal, soluția tehnologică cea mai matură, pentru care există confirmare deplină pe plan mondial.

Astfel, pornind de la experiența proprie cu un grup de 20 kW (AM—20) instalat în 1981 în poligonul de la Petrimanu — Lotru, ICEMENERG a coordonat realizarea proiectelor de execuție pentru un aerogenerator de putere medie tip SAG (120 — 200 kW, funcție de variantă) [4], iar Institutul Politehnic „Traian Vuia" din Timișoara programul de cercetare pentru un grup cu puterea de 300 kW (tip AAETO — MD 2), a cărui concepție [5] permite, pe baza confirmării parametrilor la funcționarea în condiții reale, să se ridice puterea nominală la 500 kW. În cadrul acestui program la care concură mai multe unități de cercetare-proiectare, un rol important avîndu-l CCSITEH-filiala Timișoara, I. P. Timișoara a pus deja în funcțiune un prim model de 30 kW, iar în amplasamentul Semenic au început lucrările de amenajare pentru agregatul AAETO.

Ambele echipamente de medie putere, destinate debitării energiei electrice în SEN, sînt de tipul cu ax orizontal, tripal, diferențiate prin variantele constructive și modul de plasare a rotorului (amonte stîlp la SAG, aval la AAETO).

În acest context, pentru trecerea la aplicarea prevederilor decretului nr. 92/1983 privind amenajarea integrală a Deltei Dunării, în programul de cercetare pentru implementarea energiilor neconvenționale în deltă a fost introdusă tema realizării unui grup aerogenerator — pilot experimental de 1000 kW cu ax orizontal, lucrare la care vor concura toate forțele naționale de cercetare-proiectare, care au acumulat deja o experiență în domeniu. Acest echipament va constitui un obiectiv la nivel de vîrf în tehnica conversiei forței vîntului, pe plan mondial, în prezent mai puțin de o duzină de țări avînd programe de realizare la un nivel echivalent (S.U.A., Canada, R.F.G., Marea Britanie, Danemarca, Suedia și altele).

* Acad. Ioan Anton, prof. Francisc Gyulai, ing. Cornel Albu — cadre didactice la Institutul Politehnic „Traian Vuia" — Timișoara, ing. Gheorghe Voicu cercetător științific principal la ICEMENERG — București.

2. Condițiile de amplasare a pilotului experimental

În zona Deltei Dunării intensitatea vîntului descreşte dinspre litoral către interior, zona Sulina dispunînd de cea mai ridicată valoare medie a vitezei vîntului. La staţia meteo Sulina-dig această valoare (la înălţimea standard de 10 m de la sol) este de 7,1 m/s. Potenţialul teoretic specific este de peste 3300 kWh/m²·an.

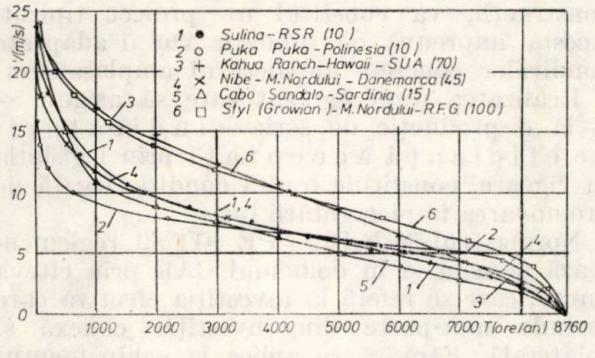


Fig. 1. Curbele clasate ale vitezei vîntului funcţie de durată, în cîteva puncte de pe glob cu cele mai favorabile condiţii energo-eoliene (în paranteză înălţimea de la sol la care este instalat anemometrul).

Ca rezultat al influenţei anticiclonilor continentali, domină vînturile din nord, nord-est şi nord-vest, situaţie favorizantă pentru zona Sulina, avînd în vedere că litoralul nordic (de fapt ţărmul deltei secundare a braţului Chilia) este jos, iar delta braţ Chilia, prin vegetaţia sa de înălţime redusă, nu are influenţă asupra vînturilor din N—NV. Vînturile sînt frecvente în special iarna şi toamna, repartiţia în timpul anului fiind în concordanţă cu variaţia consumurilor energetice. Temperaturile extreme sînt comune zonei temperate: maxima absolută a depăşit 37°C, iar minima absolută a scăzut sub 25°C. Iarna este relativ călduroasă şi durează puţin, circa 1 $^1/_2$ luni. La sud de braţul Sulina, la adăpostul gurii canalului, ţărmul a înaintat şi înaintează permanent în mare, formînd o plajă bine dezvoltată, cu dune a căror înălţime ajunge pînă la 2 m. Acumularea şi dezvoltarea plajei şi cordonului litoral se observă pînă aproape de vărsarea în mare a Gîrlei Impuţită. Această zonă constituie un prim amplasament favorabil.

În afara cordonului litoral, se pot instala aerogeneratoare în cadrul unei centrale aeroelectrice în zona marină de mică adîncime din sudul canalului Sulina — Baia de Sud, care ar permite, un „cîmp" de cel puţin cîteva zeci de grupuri.

Referitor la evacuarea energiei şi racordul la sistemul energetic nu se întrevăd probleme deosebite, avînd în vedere existenţa LEA de 110 kV Tulcea-Sulina, precum şi a consumatorului local, care este oraşul şi portul liber Sulina.

Pornind de la valoarea potenţialului energo-eolian, cel mai favorabil din zona joasă a ţării, notînd existenţa unor amplasamente corespunzătoare în zone nepopulate şi pe terenuri neproductive, ţinînd seama de facilităţile de racordare la SEN şi de existenţa unui mare consumator local, amplasamentul Sulina se impune ca cel mai avantajos pentru agregatul aeroelectric de mare putere.

3. Identificarea principalelor componente

Structura de susţinere. În funcţie de varianta de stîlp, metalică sau din beton, structura se compune din fundaţia propriu-zisă şi piesele de legătură înglobate în ea. Această structură include şi blocurile de fixare a ancorelor pentru variantele de stîlp ancorat.

Stîlpul. Este o construcţie ce constituie suportul agregatului aeroelectric şi care conţine în interior căile de acces, liftul, traseele de cabluri ş.a. Variantele constructive posibile (din beton sau metal, ancorat sau neancorat), precum şi funcţiunile multiple, inclusiv cea estetică, impun un temeinic studiu pentru alegerea soluţiei finale.

Casa maşinilor (*nacela*). Este ansamblul cel mai complex al unui agregat, în cadrul căruia se evidenţiază trei subansambluri importante:

— corpul lagărului de susţinere şi orientare, care cuprinde suporturile lagărului şi piesele de legătură dintre stîlp şi casa maşinilor. Tot aici se includ şi mecanismele de rotire pentru orientarea nacelei. La agregatele de mari dimensiuni ele sînt formate din două grupuri, care, pe lîngă siguranţa mărită în funcţionare, asigură şi eliminarea jocurilor din agrenajul principal. Lagărul propriu-zis este un rulment care preia atît sarcini verticale, cît şi momentele ce apar la îmbinarea stîlpului cu casa maşinilor. Pentru momente accidentale (foarte mari) se poate prevedea şi o cale suplimentară cu role, care reduce sarcina de încovoiere din lagăr;

— nacela este o construcţie metalică sau compozită pe o structură autoportantă, cu principala funcţie de a proteja corpul lagărului de susţinere şi orientare, linia maşinilor, echipamentele electrice de forţă şi comandă, precum şi utilajul şi aparatura conexă din spaţiul adecvat pentru intervenţia umană, indiferent de condiţiile exterioare;

— linia maşinilor include şasiul de rezistenţă, generatorul electric, transmisia multiplicatoare, arborele cu lagărele turbinei. Principala problemă la proiectare constă în centrarea maselor subansamblului faţă de axa stîlpului.

Rotorul. Ansamblul complex alcătuit din:

— butucul rotorului — construcţie metalică sudată sau turnată, care înglobează în el lagă-

rele fusurilor palelor, articulațiile lăgăruite în cazul rotoarelor oscilante, amortizoarele hidraulice;

— fusurile palelor cu lagărele palelor;

— palele — organ principal al turbinei ce se poate executa în multiple variante constructive și de material;

— blocul de contacte electrice alunecătoare, care asigură legătura electrică pentru comenzi, reglaje, balizaj, descărcări electrice;

— mecanismul de reglare al unghiului palelor care asigură reglajul unghiului în vederea funcționării agregatului la parametrii necesari, precum și pentru protecție în cazuri extreme (prin punerea palelor în drapel);

— frîna de avarie servește la oprirea rotorului în cazul apariției unei avarii care pune în pericol agregatul. De obicei, declanșarea și frînarea se fac independent de instalațiile de automatizare.

Automatica periferică, aparatura de măsură și control, blocul de contacte alunecătoare, care asigură legătura electrică între nacelă (în mișcare) și stîlp (fix); *dispozitivele de ridicat aferente agregatului* sînt alte componente caracteristice, ce intră în structura unui aerogenerator.

Casa de comandă de la sol cuprinde tablourile electrice aferente agregatului (sau mai multor agregate). Tot aici există spațiile necesare unui punct de comandă și control de la sol, spațiile conexe pentru depozitarea pieselor de schimb, a dispozitivelor de întreținere și montaj, a materialelor de întreținere și altele.

Sistemul de conectare la rețeaua electrică care asigură posibilitatea de racordare la rețeaua electrică.

4. Concepția constructivă de ansamblu. Condițiile și restricțiile generale constructive

La nivelul actual de dezvoltare a sistemului energetic național, realizarea unui agregat aeroelectric de mare putere cu caracter industrial trebuie evident concepută cu destinația cuplarea direct la sistemul energetic, avînd în vedere faptul, demonstrat, că singurul mod economic acceptabil de „acumulare" a energiei obținute din vînt este cel al injectării în SEN (această sursă nu poate participa — în condiții de eficiență — în balanța asigurată de putere a sistemului, ea fiind o sursă complementară, care conduce numai la economii de energie primară).

Aceasta impune, de la sine, și valorificarea „concentrată" a unor amplasamente favorabile, prin amenajarea de centrale aeroelectrice și ca atare grupul nu trebuie echipat ca un obiectiv singular (în special pe partea electrică, de automatizare, precum și pentru întreținere).

Dacă se realizează un aerogenerator de mare putere în producția de serie este justificat ca el să poată fi implementat — cu modificări minime — în cît mai multe zone ale țării cu vînturi corespunzătoare. Aceasta presupune adoptarea, încă de la început, a conceptului de modulare a echipamentului: casa mașinilor complet echipată (inclusiv butucul rotorului) la nivelul de putere dorit constituie componenta de bază și se fabrică ca un produs de serie. La aceasta se adaptează palele rotorice dintr-o tipo-serie produs de serie. Stîlpul de susținere, care reprezintă un element de construcții, va constitui un proiect tipizat. Acesta împreună cu fundația vor fi adaptate condițiilor concrete ale fiecărui amplasament.

Realizarea unui agregat care să asigure — — la o producție de serie — indicatorii de eficiență acceptați prin legislația în vigoare, constituie o altă condiție legată de promovarea implementării lui.

Normativul M.E.E. — PE 011/82 reglementează aceasta și în domeniul CAE prin cîteva limite, care se referă la investiția efectivă care include cota-parte din investiția conexă și colaterală. Fără să se aplice la echipamentul cu caracter de pilot experimental, indicatorii trebuie luați în considerație pentru realizarea lui, directivînd opțiunile:

— investiția specifică în unitatea de cantitate de energie economisită anual $\left(i_e = \frac{I_{ef}}{Q_{ec}}\right)$: $i_e \leqslant$ $\leqslant 45000$ lei/t c.c.·an^{-1} pentru o durată de viață de 20 de ani. Dacă $D \neq 20$ valoarea i_e se corectează cu raportul $D/20$. De aici rezidă importanța ce trebuie acordată pentru realizarea unor componente cu durată de serviciu cît mai mare. Din studiile efectuate pînă în prezent la noi în țară a rezultat că se poate sconta pe o durată de viață a ansamblului de minimum 25 ani (deziderat 30 ani), indicatorul i_e luînd valoarea de 56 250 lei/t c.c.·an^{-1}, prețul de cost al energiei produse: $C \leqslant$ $\leqslant 1{,}104$ lei/kWh; durata de recuperare a investiției: $DR \leqslant 12{,}5$ ani, durata de recuperare a energiei investite: $DRE \leqslant 0{,}25\ D$, ceea ce corespunde pentru $D = 25$ ani cu: $DRE \leqslant$ $\leqslant 6{,}25$ ani.

Un alt aspect care trebuie avut în vedere este cel legat de disponibilitatea agregatului aeroelectric: în general se acceptă că circa 8—15% din energia productibilă nu este realizată datorită unor indisponibilități ale echipamentelor. Analiza factorilor de risc pe durata de viață trebuie însă aprofundată, avînd în vedere influența însemnată a modului de considerare a lor asupra indicatorilor tehnico-economici. Pentru a limita creșterea nejustificată a acestora trebuie să acceptăm premisa inițială că, la un vînt catastrofal, instalația poate suferi deteriorări la nivel echivalent unei reparații capitale. În caz contrar, dimensiunile devin ancombrante, iar costurile prohibitive.

Următoarea categorie de condiții și restricții ține de valorile concrete ale vitezei vîntului în amplasament:

— *viteza de instalare* este o caracteristică intrinsecă a amplasamentului, determinată pe criterii de maximum energetic, și care, odată stabilită, impune practic geometria rotorului. În cazul Sulina, V_i se situează în domeniul 12,5 — 13,5 m/s;

— *viteza maximă de funcționare* se consideră, de obicei, egală cu de 2 ori V_i, atingînd valori de 25—30 m/s. Dacă ținem seama că la Sulina viteze ale vîntului — la axul rotoric — care să depășească 25 m/s se produc în 0,02% din timp, rezultă evident că V_{max} trebuie limitată la circa 25 m/s;

— *viteza de demaraj* (considerată empiric $1/2\ V_i$) este un deziderat ce ține seama de aerodinamica rotorului și poate fi impusă ca dată de bază. Ne propunem $V_{dem} = 5{,}5$ m/s;

— *viteza maximă de verificare* statică cu agregatul oprit (paletele în drapel) este valoarea maximă cu probabilitatea 1 : 100 ani, calculată din șirul statistic de date maxime. Pentru zonele montane această viteză are valori de 70—90 m/s, în timp ce pentru zona de litoral nu depășește 40—50 m/s.

Problema de fond a unor soluții constructive de rotoare eoliene de mare putere este cea a alegerii numărului de pale rotorice, care rezultă din mai multe criterii de optim (energetic, funcțional, economic) și din ponderea ce se atribuie fiecăruia în calcule.

Analizele preliminare efectuate pentru rotorul cu două sau trei pale, denotă cîteva avantaje în favoarea rotorului echivalent cu trei pale: o producție de energie mai mare cu circa 1,5%, în condițiile unei investiții totale cu circa 3% mai mică (deoarece turația scade cu aproape 30% vitezele periferice sînt mai reduse, ceea ce conduce la dimensiuni mai reduse; în același timp solicitările ciclice sînt mai echilibrate).

Pentru controlul turației rotorului (respectiv al puterii preluate) palele trebuie prevăzute cu un sistem de reglare a unghiului de atac, fie pentru întreaga pală, fie pentru o fracțiune din ea. Primele analize arată că această ultimă variantă prezintă unele avantaje, dintre care simplificarea sistemelor de acționare este determinantă.

Turbinele eoliene cu rotorul și palele montate rigid pe arbore funcționează neuniform, din cauza vitezei diferite a curenților de aer. În cazul unui rotor basculant acest dezavantaj ar fi înlăturat, dar execuția unei articulații cardanice sau a unui lagăr sferic duce la un rotor de mare complexitate. O variantă intermediară ce trebuie aprofundată este cea a montării rotorului rigid pe arbore și variere continuă a unghiului de atac — pentru echilibrarea forțelor — prin intermediul mecanismului propriu-zis de reglare, care în mod necesre trebuie să fie hidraulic.

În ceea ce privește poziția rotorului față de stîlp este de preferat varianta amonte, în care stîlpul perturbă mai puțin funcționarea rotorului, iar forța axială pe rotor dă un moment opus celui al forțelor de greutate neechilibrate. Acest lucru permite amplasarea rotorului la o distanță suficientă pentru a asigura o gardă față de stîlp în cazul deformării elastice a palelor. În această variantă se reduc masa și gabaritul agregatului.

În ceea ce privește automatizarea, opțiunile se îndreaptă către asigurarea în nacelă a elementelor vitale, inclusiv realizarea unui sistem de conducere cu microcalculator Ecarom 881, care să asigure și comunicarea cu calculatorul de la sistemul dispecer de conducere la nivel de CAE (calculatorul M 18 — B). Ca o necesitate obiectivă — avînd în vedere dispersia grupurilor într-o centrală — se impune și realizarea unei conduceri prin radio.

Fără a epuiza toate condițiile și restricțiile generale, semnalăm restricțiile legate de transportul agregatului, care, prin dimensiunile sale, are principalele componente agabaritice. De asemenea, montajul ridică probleme speciale, fiind necesare analize de detaliu, funcție de amplasament.

5. Dimensiunea rotorului

Studiile preliminare efectuate la Institutul Politehnic din Timișoara [6] oferă un prim răspuns la probleme ca: dimensiunile optime ale turbinei pentru condițiile amplasamentului Sulina, gama de turbine ale agregatului de 1 MW pentru alte amplasamente, influența neuniformității cîmpului de viteze asupra concepției constructive a turbinei, măsurile de protecție ale agregatului la furtună și ambalare, metode de echilibrare ale unor acțiuni aerodinamice, gravitaționale și inerțiale etc.

Agregatul avînd majoritatea componentelor fabricabile în serie, se creează posibilitatea echipării lui cu palete diferite, interschimbabile, prin care grupul va fi adaptat la condițiile specifice ale diverselor amplasamente. Șirul de diametre propus pentru agregat este: 40, 45, 50, 55, 60 m. În figura 2 acestor diametre li se asociază vitezele de instalare V_i (viteza de vînt la care se realizează la bornele generatorului electric puterea instalată de 1 MW).

Viteza nominală (V_N), la care se face calculul aerodinamic al turbinei, se alege la valori inferioare față de cea de instalare. În figură pot fi urmărite tipurile de turbine asociate diametrelor prin numerele caracteristice λ_0 (raportul dintre viteza periferică a rotorului și viteza nominală a vîntului). Comparația cu turbinele moderne industriale s-a făcut prin

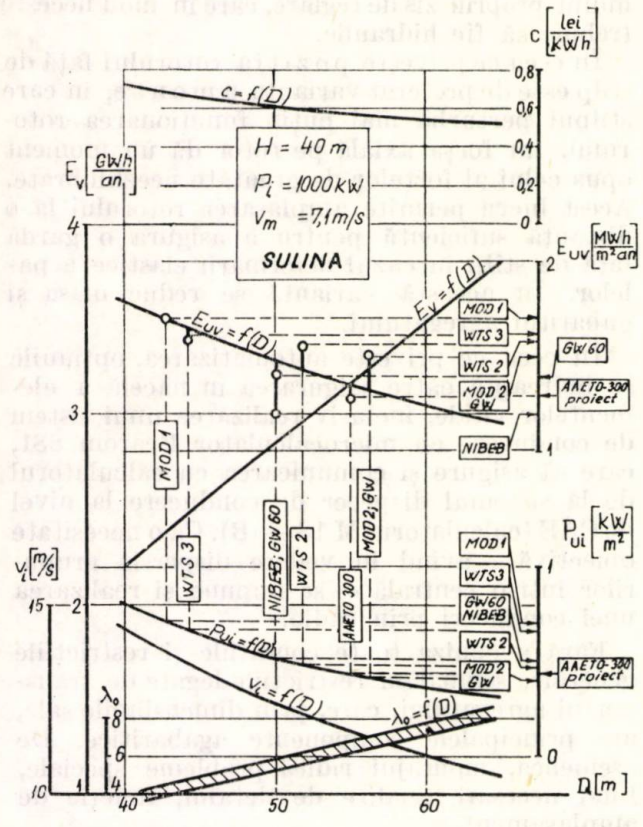


Fig. 2. Principalele caracteristici energetice ale agregatului de 1 MW funcție de diametrul rotoric, comparativ cu cele ale unor grupuri aerogeneratoare reprezentative.

intermediul puterii unitare instalate P_{ui}(kW/m²). La șirul de diametre propus corespunde intervalul de puteri unitare : 800 W/m² ... 350 W/m². Turbinele comparate au încărcare între 700W/m² (MOD 1) și 400 W/m² (MOD 2, GROWIAN). S-au marcat pe figură și datele proiectului turbinei AAETO de 300 kW pentru amplasamentul Semenic.

Aceste turbine, în condițiile amplasamentului Sulina, oferă producții anuale unitare de energie E_{uv} între 1,8 și 1,25 MWh/m²·an. Comparația, din acest punct de vedere, cu agregatele mari realizate (puncte încercuite pe figură) arată competitivitatea amplasamentului Sulina cu cel al agregatelor reprezentative din lume. Pentru acest amplasament a fost evaluată și dependența costului energiei produse de diametrul turbinei. Pe grafic se vede și dependența energiei valorificabile funcție de diametru : între 2,2 și 3,5 GWh/an. Alegerea soluției optime în urma acestei analize are motivații obiective. Regula empirică, simplă, de alegere a vitezei de instalare la valoarea dublă a vitezei medii multianuale la cota standard ar duce la diametrul de 40 m, soluție ineficientă din multe puncte de vedere (energie puțină, cost ridicat, tip de turbină prea lent). În condițiile analizei efectuate, energia realizabilă crește, iar costul ei scade cu creșterea diametrului în întregul domeniu analizat. Optăm pentru un diametru în jurul valorii de 55 m, cu o încărcare de circa 400 W/m², din unele condiții restrictive ca : efectele asimetriei de viteze pe verticala amplasamentului, limitarea înălțimii stîlpului, dimensiune de rotor realizabilă în condițiile actuale tehnologice etc.

6. Evaluarea maselor și a acțiunilor

6.1. Evaluarea maselor

O primă evaluare a maselor principalelor componente pornind de la datele unor agregate reprezentative, conduce la următoarele valori :

— nacela complet echipată	80...110 t,
din care :	
— rotorul	26...36 t
— linia mașinilor	14...19 t
— construcții metalice și auxiliare	40... 55 t
— stîlpul (de 40 m înălțime)	100...150 t
— total grup aerogenerator	180...260 t

Indicatorii de masă sînt comparabili cu cei realizați de grupurile moderne mari, fiind de 180 ... 260 kg/kWi.

Luînd în considerație indicatorii de cost stabiliți de CCSITEH — filiala Timișoara în cadrul proiectului pentru agregatul AAETO (la nivel de prototip) și contînd pe o reducere a acestora cu circa 30% la o fabricație de serie, rezultă 18000...26000 lei/kWi. Aceste cifre coroborate cu producția de energie conduc la o valoare favorabilă pentru indicatorul de bază, investiția specifică în unitatea de cantitate de energie, care este :

$$i_e \leqslant \frac{I_{ef}}{Q_{ec}} = \frac{1{,}37\ I_{grup}}{E_p \times 0{,}4},$$

$$i_e \leqslant 405000 \text{ lei/tc.c. an}^{-1} \ll i_e^{lim}.$$

6.2. Evaluarea acțiunilor

Forțele aerodinamice pe nacelă și pale. Considerînd dimensiunile nacelei la minimum $d = 5$ m, $l = 8$ m, forțele pe cele două direcții Ox și Oy (nacelă aliniată în vînt, nacelă transversală pe vînt) sînt evaluate funcție de viteza vîntului — fără coeficienți dinamici — astfel :

V (m/s)	7	10	15	25	60
Fx (kN)	0,21	0,43	0,97	2,68	15,46
Fy (kN)	0,42	0,86	1,93	5,37	30,92

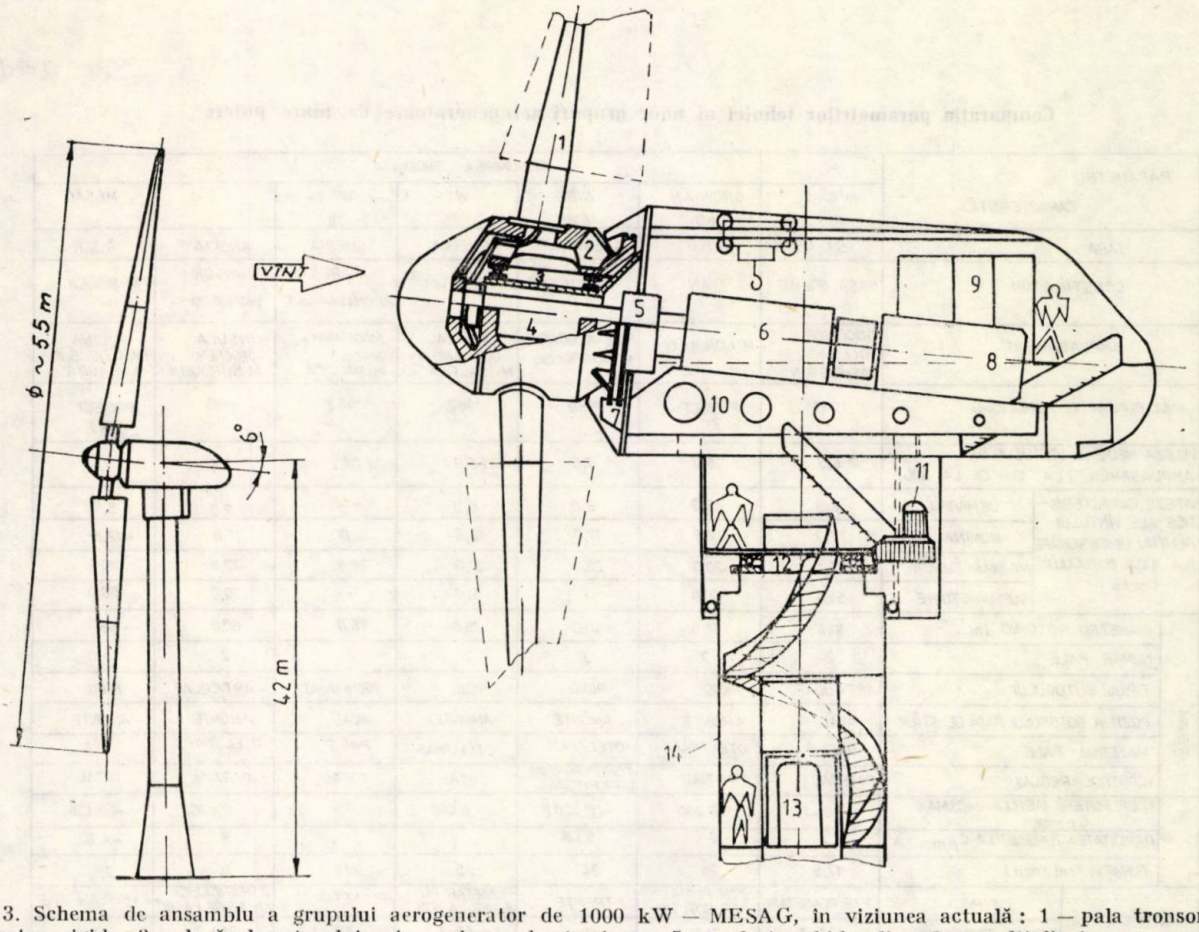


Fig. 3. Schema de ansamblu a grupului aerogenerator de 1000 kW — MESAG, în viziunea actuală: 1 — pala tronsonată; 2 — rotor rigid; 3 — lagărul rotorului; 4 — arbore de torsiune; 5 — colector hidraulic; 6 — multiplicator cu cuple și frîne de serviciu; 7 — frînă hidraulică; 8 — generator; 9 — automatica; 10 — șasiu; 11 — mecanism de orientare; 12 — lagăr susținere; 13 — lift; 14 — stîlp.

— Forțele pe palele turbinei (în kN):

V(m/s)	11...14,5 m/s	25*	60*
D = 60 m	141	145 (14,5)	835 (84)
D = 50 m	125	200 (20)	1164 (116)
D = 40 m	108	166 (17)	958 (96)

* Pentru pale transversale pe vînt, respectiv — în parantează — pale în drapel, turație zero.

— Pe pale fracționate (parțial transversal pe vînt, parțial în drapel) solicitările sînt mult reduse:

V (m/s)	25	60
D = 60/50 m	4,4÷100	2,6÷582
D = 50/40 m	7,2÷128	30 ÷745
D = 40/30 m	7,4÷ 93	42 ÷539

— Momentul de reacție al turbinei la puterea de 1200 kW și n=22 rot/min este Mx=520 kNm.

Forțele gravitaționale pe nacela complet echipată. La masele evaluate de 110 tone corespund forțe gravitaționale de 1080 kN.

Punctul de aplicație al forței de greutate trebuie ales, pe cît posibil, în așa fel încît efectul combinat al acestei forțe și a celei aerodinamice să dea momente cu semn diferit asupra stîlpului, realizînd un efect de echilibrare.

Acțiuni asupra stîlpului. Momentul de încovoiere la baza stîlpului (H = 40 m) dat de forțele aerodinamice pe nacelă și pale, cu turbina în funcțiune este:

D (m)	M_i (kNm)
60	5750
50	5100
40	4400

Momentul dat de forțele aerodinamice pe stîlp este mult mai redus:

V(m/s)	M_i (kNm)
25	550
60	3100

Tabelul 1

Comparaţia parametrilor tehnici ai unor grupuri aerogeneratoare de mare putere

PARAMETRI, CARACTERISTICI			DENUMIREA GRUPULUI					
		MOD-2 107	GROWIAN 60	NIBE 630	WTS-1 75	WTS-2 78	LS-1	MESAG
ŢARA		SUA	R.F.G	DANEMARCA	SUEDIA	SUEDIA	ANGLIA	R.S.R
CONSTRUCTOR		NASA BOEING	MAN	DEFU	KAMEWA	KARLS-KRONAVAR-VET	TAYLOR-WOODROW	I.M. BOCŞA
AMPLASAMENT		GOODNOE HILLS-WASHINGTON	M. NORDULUI	NIBE-ALBORG M. NORDULUI	INSULA GOTLAND-M. BALTICĂ	MAGLARP-MALNÖ-M. BALTICĂ	INSULA ORKNEY-M. NORDULUI	SULINA-BAIA DE SUD-M. NEAGRĂ
ANUL PUNERII ÎN FUNCŢIUNE		1981	PROIECT ?	1980	1982	1982	1985	PROIECT 1987
VITEZA MEDIE A VÎNTULUI ÎN AMPLASAMENT (LA 10m DE LA SOL)		6,3	6,7	7,0	(6,9)	(7,6)	8,5	7,1
VITEZE CARACTERISTICE ALE VÎNTULUI PENTRU DIMENSIONARE (LA AXUL BUTUCULUI) (m/s)	DEMARAJ	6,3	5,2	6,0	6,0	7,2	7,0	5,5
	NOMINALĂ	12,3	12,6	13,0	12,5	14,0	17,0	~12,6
	MAXIMĂ FUNCŢ.	20,1	20,0	25,0	21,0	26,8	27,0	25,0
	SUPRAVIEŢUIRE	55,9	60,0	•	51,0	•	70,0	50,0
TURBINA	DIAMETRU ROTORIC (m)	91,4	56,0	40,0	75,0	78,0	60,0	~55
	NUMĂR PALE	2	3	3	2	2	2	3
	TIPUL BUTUCULUI	ARTICULAT	RIGID	RIGID	RIGID	ARTICULAT	ARTICULAT	RIGID
	POZIŢIA ROTORULUI FAŢĂ DE STÎLP	AVAL	AMONTE	AMONTE	AMONTE	AVAL	AMONTE	AMONTE
	MATERIAL PALE	OŢEL	OŢEL/PAF	OŢEL/PAF	OŢEL/PAF	PAFS	OŢEL/PAFS	OŢEL
	CONTROL REGLAJ	PARŢIAL	PARŢIAL	1 GRUP-PARŢIAL 1 GRUP-TOTAL	TOTAL	TOTAL	PARŢIAL	TOTAL
	COEF. PUTERE (AERODINAMIC) MAX. $C_{p\,max}$	~0,417	0,480	(0,420)	0,460	•	0,430	~0,436
	RAPIDITATEA TURBINEI LA $C_{p\,max}$ - λ	•	7	5,48	•	•	8	~4,8
	TURAŢIA (rot/min)	17,5	24	34	25	25	34	25
MULTIPLICATORUL	TIP	3 TR. PLANETARE	2 TR. PLAN. 1 TR. ROŢI DR.	3 TREPTE	PLANETAR CU IEŞIRE LA 90°	PLANETAR	2 TR. EPICICLICE CU IEŞIRE LA 90°	2 TR. PLANETARE
	RAPORT TRANSMISIE	103:1	71,9:1	45:1	60:1	60:1	31,3:1	40:1
GENERATORUL ELECTRIC	TIP	GS	GAS	GAS	GAS VERTICAL	GS	GS VERTICAL	GAS
	PUTEREA INSTALATĂ (kW)	3125		630	2400	3330	3750	1050
	TENSIUNEA NOMINALĂ (V)	4160	5000	6000	6000	6600	11000	6000
	TURAŢIA (rot/min)	1800	1500		1500	1500	1500	1000
AMORTIZARE ŞOCURI	TIP	-AX TURAŢIE JOASĂ ELASTIC -SUSPENSII	PE SUSPENSII	•	CU AMORTIZOARE HIDRAULICE	PE SUSPENSII	FARĂ	CU CUPLAJ ELASTIC ?
	POZIŢIE	PE MULTIPLICATOR	PE MULTIPLICATOR	•	LA BUTUC	PE MULTIPLICATOR	•	•
FRÎNA	TIP	CU DISC	CU DISC	CU DISC	CU DISC	CU DISC	CU 3 DISCURI	CU DISC
	POZIŢIE	AX TURAŢIE ÎNALTĂ	AX TURAŢIE ÎNALTĂ	AX TURAŢIE ÎNALTĂ	AX TURAŢIE ÎNALTĂ	AX TURAŢIE JOASĂ	AX TURAŢIE JOASĂ	AX TURAŢIE ÎNALTĂ
	ACŢIONARE	CU ETRIERE	CU 2 ETRIERE	CU ETRIERE	CU ETRIERE	CU ETRIERE	6 ETRIERE PE 3 DISCURI	CU ETRIERE
SISTEMUL DE ORIENTARE	TIP	ACTIV HIDRAULIC	ACTIV	ACTIV HIDRAULIC	ACTIV	ACTIV	ACTIV ELECTRIC	ACTIV HIDRAULIC
	VITEZA DE ORIENTARE (GRADE/SECUNDĂ)	0,25	0,8	0,4	•	•	0,17	~0,4
ELEMENTE DE AUTOMATIZARE	PRINCIPIUL DE CONDUCERE	MICROPROCESOR	MICROPROCESOR	MICROPROCESOR	MICROPROCESOR	MICROPROCESOR	MICROPROCESOR	MICROPROCESOR
	ROTOR	REGLAJ HIDRAULIC	•	•	REGLAJ HIDRAULIC	REGLAJ HIDRAULIC	REGLAJ HIDRAULIC	REGLAJ HIDRAULIC
	GENERATOR	NU	CASCADA SUPRASINCRONA	NU	NU	NU	CONVERTIZOR LA BORNE	NU
TURN	TIPUL	SEMIRIGID (CILINDRIC, BAZĂ CON)	RIGID (CILINDRIC, BAZĂ CON)	RIGID (TRONCONIC)	RIGID (TRONCONIC)	SEMIRIGID (CILINDRIC)	ELASTIC (CILINDRIC, BAZĂ CON)	SEMIRIGID
	MATERIAL	OŢEL	OŢEL/BETON ARMAT	BETON ARMAT	BETON ARMAT	OŢEL	BETON ARMAT PRECOMPRIMAT	BETON
	ÎNĂLŢIME (m)	58,5	44	41	70	77	45	40
	DIAMETRU (m)	3,05	3,0	4,75/3,10	10,4/4,5	(3,8)	3,8	3,0
PUTEREA NOMINALĂ (kW)		2500	1200	630	2000	3000	3000	1000
ENERGIA SPECIFICĂ CAPTATĂ (W/m^2)		581	487	502	453	628	1062	420
ENERGIA ANUALĂ PRODUSĂ (GWh)		10,0	3,4	1,5	6,0	8,0	9,0	2,8
DURATA MEDIE DE UTILIZARE A PUTERII INSTALATE (ore/an)		4000	2833	2380	3000	2667	3000	2800
DURATA DE VIAŢĂ GARANTATĂ (ani)		30	20	•	30	30	20	min. 25

Momentele de greutate completă a nacelei pentru braţe diferite ale forţei (a) sînt :

a (m)	1	3	5
M_i (kNm)	−1080	−3240	−5400

Concluzii

Studiile preliminare asupra concepţiei grupului aerogenerator de 1000 kW au permis conturarea principalelor soluţii de luat în consideraţie în etapele următoare, precizînd şi unii parametri esenţiali.

Primele calcule tehnico-economice arată că agregatul de 1 MW, la o fabricaţie de serie, va realiza indicatorii de eficienţă acceptaţi de legislaţia în vigoare şi ca atare se va putea promova implementarea acestuia pe scară industrială.

Pentru testarea pilotului experimental se reţine amplasamentul Sulina, cel mai favorabil din punctul de vedere al potenţialului energo-eolian din întreaga zonă joasă a ţării.

Bibliografie

[1] Vadot, L. *Producerea de energie electrică cu centrale eoliene. Partea a II-a. Probleme economice.* În : La Houille Blanche, nr. 1/1959.

[2] Putnam, C. P. *Energia vîntului : ieri, azi şi mîine.* În : Large Horizontal — Axis Wind Turbines — NASA Conference Publication 2230, DOE Publication CONF 810752/1982.

[3] * * * *Studii de profil şi amplasament pentru CAE Făgăraş, CAE Micaia-Negovanu, CAE Constanţa* — ISPH 1982, 1983, 1984.

[4] Voicu, Gh. ş.a. *Grupul aerogenerator tip SAG.* In : Energetica, 32, 1984, nr. 4, p. 180—185.

[5] * * * *Cercetări ştiinţifice şi lucrări de inginerie tehnologică pentru omologarea industrială a echipamentelor energetice pentru agregate aeroelectrice echipate cu turbine de vînt cu ax orizontal* — I. P. Timişoara, 1982—1984.

[6] * * * *Studii preliminare pentru grupul aerogenerator pilot experimental de 1000 kW* — I. P. Timişoara, 1984.

(Primit la 1 februarie 1985, acceptat la 8 martie 1985)

Heliostate experimentale pentru centrala solară electrică

Ing. Constantin Popescu, ing. Ştefan Marin, ing. Ioan Turcu, ing. Mihai Lauric*

Descriptori : heliostat ; suprafaţă reflectantă ; modul de focalizare ; oglinzi ; coeficient de reflexie ; grad de concentrare ; pată focală ; mecanism de acţionare ; deplasare unghiulară ; distribuţia energetică în pata focală ; erori unghiulare

Introducere

În desfăşurarea programului de cercetare al ICEMENERG vizînd realizarea unei centrale solare electrice (CSE) de înaltă temperatură în ţara noastră, anul 1984 a marcat un pas deosebit de important, prin construcţia — pe baza rezultatelor cercetărilor anterioare — a primelor heliostate româneşti.

Proiectul de execuţie a acestor heliostate a fost realizat de ICEMENERG după o concepţie originală, elaborată de colectivul de specialitate din institut, avînd la bază rezultatele testării modulelor experimentale de heliostate la scară redusă.

La realizarea elementelor componente şi-au dat concursul întreprinderi de profil din cadrul Ministerului Energiei Electrice : Trustul Antreprize Generale Energomontaj-Grupul de Şantiere Montaje Energetice Bucureşti, pentru structura de rezistenţă, structura metalică a modulelor prefocalizate şi execuţia montajului general al ansamblului, şi Intreprinderea Energoreparaţii pentru mecanismul de acţionare a heliostatelor. Oglinzile cu care sînt echipate suprafeţele reflectante ale heliostatelor au fost executate după tehnologia duplex, de către Intreprinderea de Geamuri Mediaş.

Trebuie menţionat faptul că finalizarea tehnologiilor specifice de realizare a elementelor componente a implicat un volum deosebit de experimentări. Totodată, din considerente de minimizare a cheltuielilor de realizare a heliostatelor, s-au avut permanent în vedere posibilităţile de utilizare a unor produse şi tehnologii de serie existente în industria indigenă sau de adaptare a acestora la condiţiile impuse.

1. Prezentare generală a heliostatelor

În cadrul standului experimental pentru heliostate şi concentratoare parabolice realizat la ICEMENERG (necesar desfăşurării experimentărilor de durată ale echipamentelor şi sistemelor elaborate pentru CSE) au fost amplasate două heliostate construite după aceeaşi concepţie de ansamblu şi echipate cu suprafeţe reflectante, care diferă între ele prin tipul modulelor de focalizare utilizate.

Principalele caracteristici constructive şi funcţionale ale acestor heliostate sînt prezentate în tabelul 1.

Aşa cum se poate observa din tabel, cele două heliostate au suprafaţa reflectantă de 41 şi respectiv de 46 m^2; modulele prefocalizate sînt dispuse pe acelaşi tip de structură de rezistenţă, heliostatul mare H 46 fiind prevăzut cu

*) Ing. Constantin Popescu, ing. Ioan Turcu — cercetători ştiinţifici principali, ing. Ştefan Marin — cercetător ştiinţific, ing. Mihai Lauric — proiectant la ICEMENERG — Bucureşti.

Tabelul 1

Caracteristici ale heliostatelor experimentale

Caracteristici		Tip heliostat	
		H 41	H 46
Suprafaţa reflectantă	Suprafaţa activă	40,96 m²	46,08 m²
	Structura suprafeţei reflectante	16 module prefocalizate, cu cîte 4 oglinzi de 800 × 900 mm² fiecare (sau două de 1600 × 800 mm²)	16 module prefocalizate, cu cîte 3 oglinzi de 1600 × 600 mm² fiecare
Dimensiuni	Lăţime totală	6666 mm	7514 mm
	Înălţime totală	6816 mm	6816 mm
	Înălţime reflector	6666 mm	6666 mm
Greutatea heliostatului montat	Greutate totală (fără fundaţie)	4664 kg	5022 kg
	Greutate oglinzi	697 kg	799 kg
	Greutate structură metalică (+ module)	2150 kg	2406 kg
	Greutate specifică a suprafeţelor reflectante	69,44 kg/m²	69,5 kg/m²
	Greutate mecanism de acţionare	617 kg	617 kg
	Greutate stîlp de susţinere	1200 kg	1200 kg
	Greutate fundaţie (beton)	23 t	49 t
Deplasările unghiulare maxime ale suprafeţei reflectante	Înălţime	80°	80°
	Azimut	140°	140°
Caracteristicile motoarelor de acţionare	Două motoare, cîte unul pentru fiecare direcţie de deplasare		
	Motor asincron trifazat, tip B 5—80 S		
	Putere nominală : 0,090 kW		
	Turaţie nominală : 700 rot/min		
Condiţiile de funcţionare, corelate cu viteza vîntului, W	$W < 10$ m/s	Funcţionare în condiţiile de precizie optică impuse	
	$10 \text{ m/s} \leqslant W < 14$ m/s	Heliostatul funcţionează, dar nu sînt întrunite toate condiţiile de precizie optică impuse	
	$14 \text{ m/s} \leqslant W < 16$ m/s	Funcţionare nepericuloasă, dacă vîntul nu persistă, în medie, mai mult de 4 min. Peste 4 minute punere în steag	
	$W \geqslant 16$ m/s	Punere în steag	

niște alonje care permit creșterea dimensiunilor de gabarit. De asemenea, mecanisnele de acționare și stîlpii de susținere sînt de același tip pentru ambele heliostate. Din considerente de dimensionare, avînd în vedere rezistența la vînt, cele două fundații au volume diferite, proporționale cu dimensiunile suprafețelor reflectante.

Alegerea celor două soluții dimensionale pentru suprafețele reflectante a fost impusă atît de tipodimensiunile de oglinzi care pot fi realizate industrial în țară, cît și de necesitatea testării posibilităților de focalizare corespunzătoare celor trei tipuri de oglinzi selectate (1600 × × 600 mm², 800 × 800 mm² și 1 600 × × 800 mm²).

Din punctul de vedere al concepției de ansamblu se remarcă realizarea suprafeței reflectante ca o suprafață continuă, unică (nefragmentată) care, în caz de pericol —la depășirea vitezei maxime admisibile a vîntului — — se pune în steag, cu fața în sus.

Heliostatul H 41 este prezentat în figurile 1 și 2, iar heliostatul H 46 în figurile 3, 4 și 5.

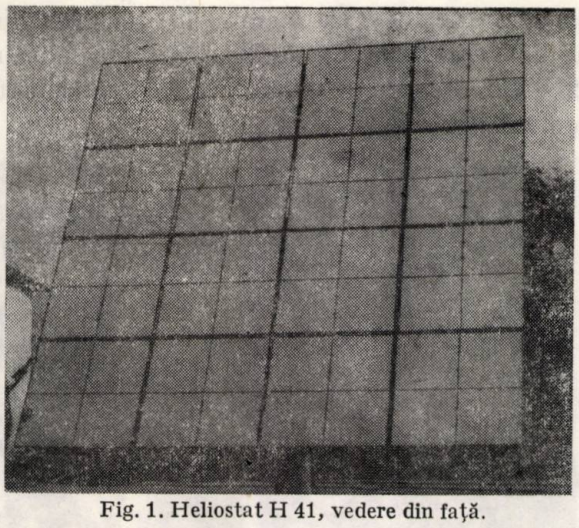


Fig. 1. Heliostat H 41, vedere din față.

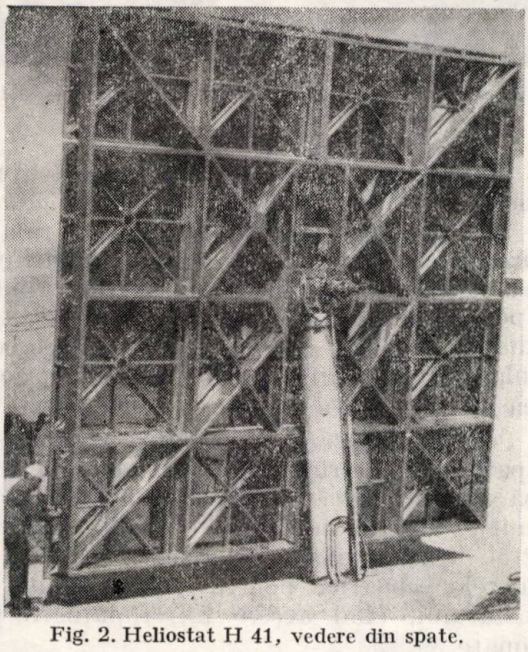


Fig. 2. Heliostat H 41, vedere din spate.

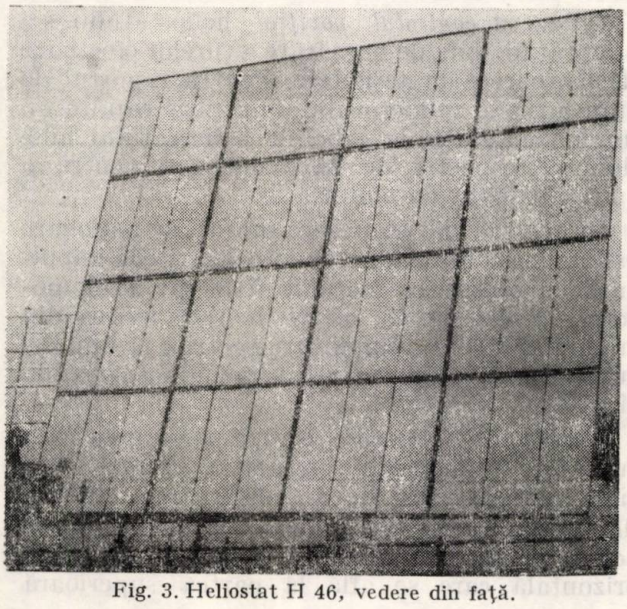


Fig. 3. Heliostat H 46, vedere din față.

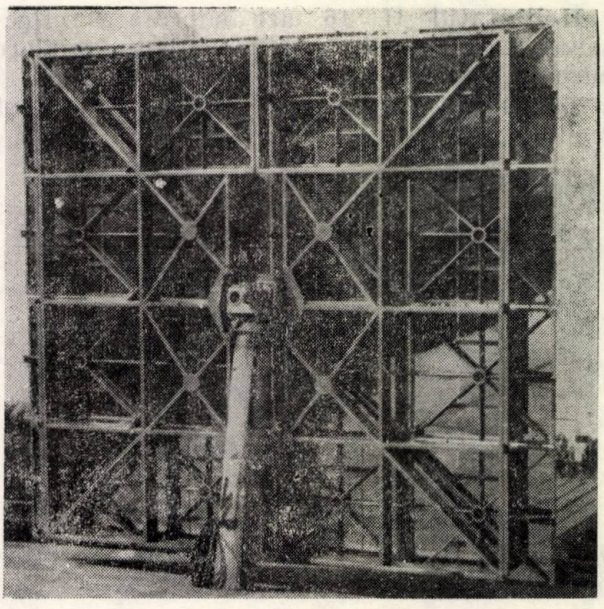


Fig. 4. Heliostat H 46, vedere din spate.

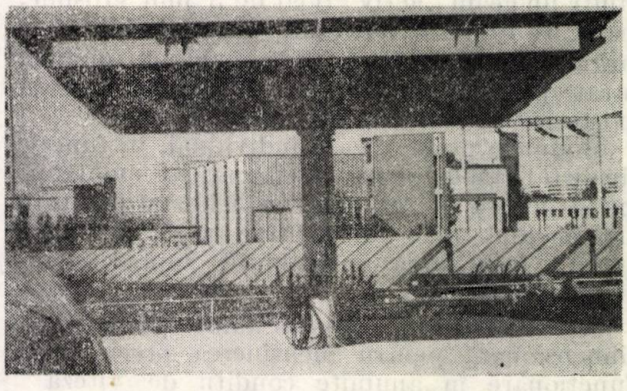


Fig. 5. Heliostat H 46, poziția „în steag".

2. Elemente componente

Cele două heliostate sînt alcătuite din următoarele subansambluri: suprafața reflectantă, structura de rezistență, mecanismul de acționare, blocul de alimentare și comandă, protecțiile cap de cursă, traductoarele de poziție.

a. *Suprafața reflectantă* — cuprinde totalitatea oglinzilor „duplex" care, la rîndul lor, sînt grupate în cadrul unor module prefocalizate. Fiecare suprafață reflectantă este alcătuită din cîte 16 module prefocalizate de același tip.

În cazul heliostatului H 41 suprafața reflectantă permite testarea a două soluții de realizare a oglinzilor, și anume:

— oglinzi pătrate plane (800 × 800 mm²) grupate cîte patru în cadrul unui modul și așezate tangent la o sferă cu raza $R = 2\ d_F$ (d_F = distanța focală);

— oglinzi dreptunghiulare curbate mecanic, cilindric sau sferic (1600 × 800 mm²), grupate cîte două în cadrul unui modul.

Heliostatul H 46 are suprafața reflectantă realizată din oglinzi dreptunghiulare curbate mecanic cilindric sau sferic (1600 × × 600 mm²), grupate cîte trei în cadrul unui modul.

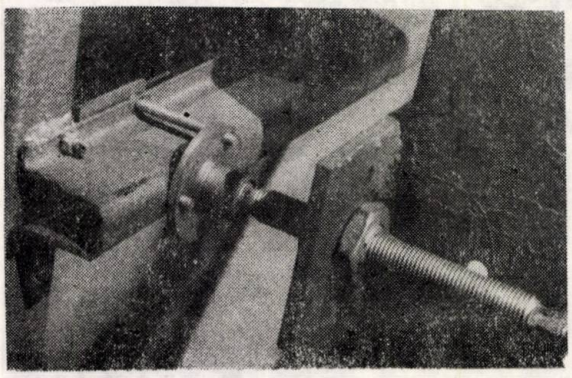


Fig. 6. Articulație sferică de tip nucă, cu care se reglează poziția modulelor prefocalizate.

Oglinzile de tipul ,,duplex" sînt alcătuite dintr-un geam ,,activ" float de 3 mm grosime, care are un strat reflectant din aluminiu sau argint depus prin vaporizare în vid sau chimic, strat protejat prin intermediul unui geam posterior cu calități obișnuite.

Modulele prefocalizate individual, în funcție de distanța focală corespunzătoare, se montează pe structura de rezistență a heliostatului prin intermediul unor dispozitive reglabile, care permit focalizarea ansamblului suprafeței reflectante (fig. 6).

b. *Structura de rezistență* a ambelor heliostate, dimensionată pentru menținerea preciziei de funcționare în anumite condiții de viteză a vîntului, este o structură spațială rigidă, realizată din profile metalice ușoare, sudate și protejate anticorosiv prin vopsire.

Toate profilele metalice componente sînt standardizate, constituind produse de serie.

Structura de rezistență propriu-zisă este alcătuită din două semistructuri simetrice, avînd dimensiunile de gabarit impuse de posibilitățile de transport ; se asamblează pe șantier la locul de montaj. Pe această structură sînt plăcuțe metalice găurite, pe care se fixează modulele prefocalizate.

c. *Mecanismul de acționare* (fig. 7), care permite orientarea spațială a suprafeței reflectante a heliostatului, cuprinde un reductor de tip special cu un raport de transmitere de 1 :45 000, cu acționare pe înălțime și azimut prin intermediul a două motoare electrice trifazate identice.

Rezultatele experimentărilor de laborator și pe heliostatele realizate au permis alegerea tipului de motor electric, produs de Intreprinderea de Mașini Electrice Pitești. Acesta are următoarele caracteristici : putere nominală 90 W, tensiune alimentare 380 V, curent nominal 0,53 A, turație nominală 700 rot/min, cuplu nominal 1,227 Nm, cuplu pornire 2,21 Nm, factor de putere 0,56 și randament nominal 0,46.

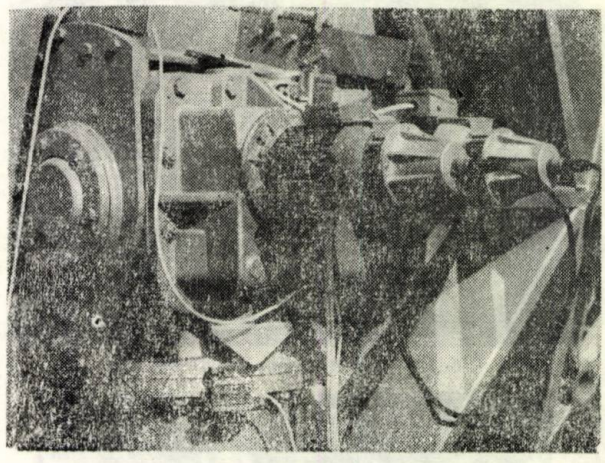


Fig. 7. Mecanismul de acționare a heliostatelor — detaliu.

d. Pentru acționarea electrică a motoarelor, heliostatele sînt echipate cu un *bloc de alimentare și comandă*, prin intermediul căruia se realizează comenzile de pornire-oprire și inversare a sensului de rotație a motoarelor. Comenzile pot fi realizate atît manual, local, sau de la distanță, cît și automat, prin intermediul calculatorului de proces, care asigură și acționarea secvențială a motoarelor electrice.

e. Pentru *protecția* heliostatelor, acestea sînt echipate cu întrerupătoare pentru capete de cursă aferente fiecărei mișcări (pe înălțime și azimut), cuplate cu blocul de alimentare și control, care asigură decuplarea alimentării motoarelor electrice pentru poziții limită ale heliostatului, cînd aceste întrerupătoare sînt acționate.

f. Pentru *controlul poziției* heliostatului s-a adoptat metoda de numărare a turelor efectuate de motoarele de acționare. Pentru raportul de transmisie al reductorului de turație rezultă un unghi de rotație la arborele heliostatului bine definit, respectiv de $2\pi/45\,000$ rad pentru o tură efectuată de motor.

În acest scop, pe fiecare motor de acționare este montat un traductor fotoelectric de impulsuri, cu obturator mecanic fixat pe axul motorului (vezi fig. 7), astfel încît la ieșirea din traductor se obțin impulsuri electrice (1 impuls/tură), care sînt transmise la sistemul de comandă și control.

g. *Stîlpul de susținere*, care suportă greutatea suprafeței reflectante, a structurii de rezistență și a mecanismului de acționare, este realizat din beton armat centrifugat. Mecanismul de acționare se montează pe o flanșă circulară orizontală care se află la partea superioară

a stîlpului şi care este sudată pe un inel metalic fixat de fierul beton al stîlpului.

h. *Fundaţia*, realizată din beton şi dimensionată în funcţie de solicitarea maximă a vîntului.

3. Focalizarea heliostatelor.Pata focală

Una din problemele esenţiale, din punctul de vedere al performanţelor heliostatului, o reprezintă realizarea unei suprafeţe care să focalizeze fasciculul reflectat conform cerinţelor de precizie impuse. Deoarece singura geometrie care permite obţinerea unui focar convenabil, indiferent de valoarea unghiului de incidenţă pe care radiaţia solară îl face cu normala la suprafaţa heliostatului, este geometria sferică, suprafaţa reflectantă a heliostatului trebuie să fie, evident, o calotă sferică. În funcţie de dimensiunile oglinzilor, această formă poate fi realizată fie din oglinzi plane, tangente la sfera respectivă, fie din oglinzi curbate sferic sau cilindric care, alăturate, formează un ansamblu focalizator.

Avînd în vedere valorile mari ale razelor de curbură, în cazul unui cîmp de heliostate şi, implicit, săgeţile mici corespunzătoare, operaţiunile de focalizare implică o precizie deosebit de ridicată. Pentru creşterea gradului de precizie şi eliminarea unui volum de operaţii dificile din cadrul montajului şi reglajului pe şantierul centralei solare, a fost concepută o metodă de focalizare a suprafeţei reflectante, care se realizează în două etape :

— prefocalizarea — în cadrul fabricii producătoare — a unui ansamblu de 2 — 4 oglinzi în funcţie de distanţa focală a heliostatului pe care se vor monta acestea, ansamblu care constituie un modul prefocalizat şi care se transportă pe şantier şi se montează direct pe structura de rezistenţă a heliostatului ;

— focalizarea ansamblului suprafeţei reflectante a heliostatelor, operaţiune care se realizează pe şantier prin reglajul poziţiei spaţiale a modulelor prefocalizate montate, faţă de structura de rezistenţă.

Utilizarea acestei metode de focalizare prezintă următoarele avantaje :

— Obţinerea unui grad de precizie ridicat al focalizării modulelor, deci şi al ansamblului, operaţiunile de prefocalizare efectuîndu-se la fabricant, în cadrul unui stand special amenajat, cu aparatură corespunzătoare şi personal calificat ; în plus, modulele prefocalizate pot fi verificate şi, dacă este cazul, corectate înainte de a fi transportate pe şantier.

— Simplificarea operaţiunilor de montaj al heliostatelor şi, implicit, scurtarea timpului afectat acestuia.

— Simplificarea operaţiunilor de focalizare a ansamblului suprafeţei reflectante, operaţiuni care se desfăşoară la locul de montaj al heliostatelor, deci în condiţii mai dificile.

Controlul prefocalizării obţinute pe stand s-a făcut, în cazul heliostatelor H 41 şi H 46, pentru fiecare modul în parte, cu ajutorul unui dispozitiv special cu comparator (fig. 8) şi local, prin vizualizarea şi controlul petei focale.

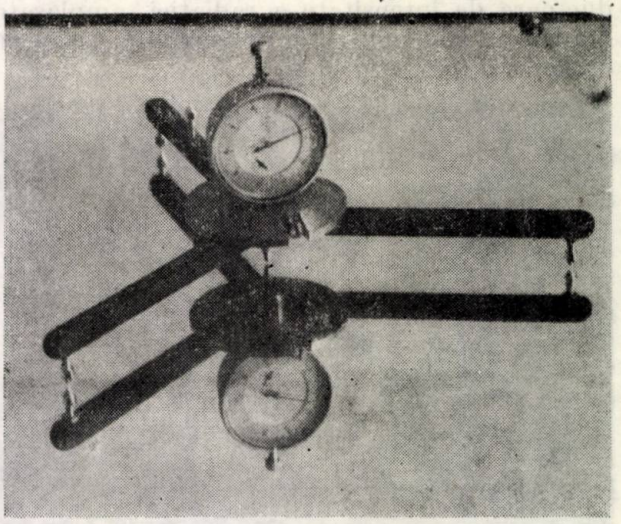


Fig. 8. Controlul prefocalizării cu ajutorul comparatorului.

După montajul tuturor modulelor prefocalizate pe structura de rezistenţă a heliostatului, s-a făcut reglajul focalizării ansamblului cu ajutorul unui fascicul LASER cu spot foarte îngust (fig. 9). Au fost puse la punct, în acest sens, mai multe metode de focalizare care s-au dovedit, experimental, suficient de precise.

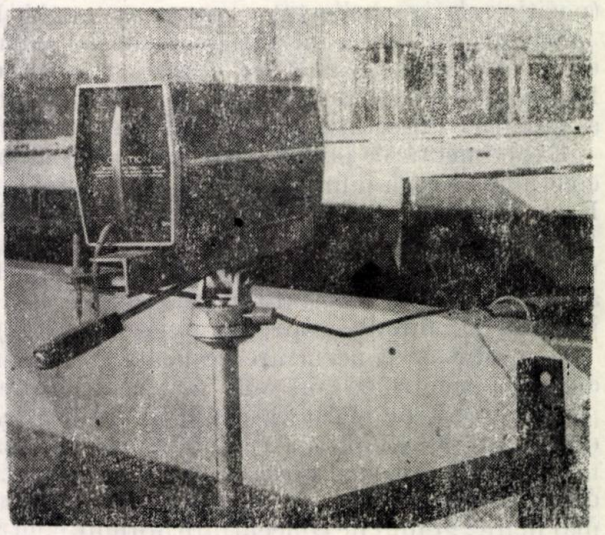


Fig. 9. Focalizarea ansamblului suprafeţei reflectante cu ajutorul LASER-ului.

Una dintre aceste metode implică poziţionarea modulelor prefocalizate faţă de un plan descris prin rotirea unui fascicul emis de un LASER cu dispozitivul LASER fixat pe structura de rezistenţă a heliostatului.

Pentru stabilirea caracteristicilor petei focale obţinute, a preciziei de ţintire şi de focalizare,

este în curs de desfășurare un program complex de experimentare a celor două heliostate realizate, care implică măsurători precise ale intensității radiației reflectate, cu ajutorul unui ecran de control (6 × 6 m²) prevăzut cu traductoare de intensitate a radiației, amplasate din 200 în 200 mm, atît pe verticală, cît și pe orizontală (fig. 10).

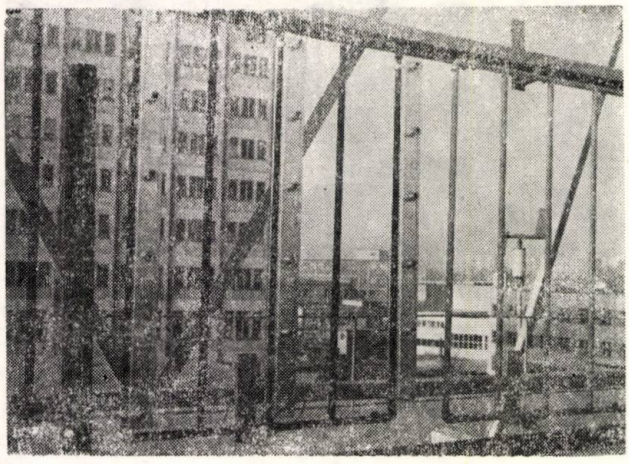


Fig. 10. Ecran de control al petei focale — detaliu.

De asemenea, s-a pus la punct o metodă de analiză teoretică complexă a petei focale a heliostatelor, atît individual, cît și pentru întregul cîmp al CSE, cu ajutorul unui program de calcul elaborat în colaborare cu Institutul Politehnic București — Catedra de Fizică. Acest program permite, pentru diferite date de intrare (poziție relativă heliostat — receptor, unghi de incidență, valoare a intensității radiației solare etc.) obținerea geometriei teoretice a petei focale, precum și a distribuției de intensitate a radiației reflectate la nivelul receptorului.

Experimentările preliminare desfășurate după efectuarea reglajului focalizării heliostatelor H 41 și H 46 au condus la următoarele concluzii :

— geometria și dimensiunile petei focale variază în funcție de parametrii funcționali și de amplasamentul heliostatului în cîmpul CSE, înregistrînd diferite aspecte (alungiri, turtiri) ;

— gradul de concentrare ce poate fi obținut depinde, pentru o metodă de focalizare cu precizie dată, de mărimea distanței focale, deci de distanța heliostat — receptor ; cu cît distanța focală este mai mică cu atît valoarea gradului de concentrare care se poate obține este mai mare ; gradul de concentrare obținut pentru o distanță focală $d_F = 229$ m a fost $C \approx 4$;

— focalizarea ansamblului în limitele unei precizii corespunzătoare se realizează suficient de rapid (circa 2 ore pentru un heliostat).

4. Precizia de țintire

Față de poziția teoretică a radiației reflectate de heliostat în realitate apare o abatere de poziționare a acestei radiații, ε_v, abatere ce se datorează erorii unghiulare de poziționare a normalei la suprafața reflectantă a heliostatului. Acest efect apare datorită oscilației stîlpului de susținere, a structurii metalice de rezistență și datorită jocurilor existente în mecanismul de acționare (în danturi, lagăre).

La abaterea de poziționare se adaugă, în cazul cel mai defavorabil, abaterea unghiulară care apare la acționarea sistemului mobil al heliostatului în vederea poziționării, datorită inerției sistemului (ε_{in}).

În cadrul experimentărilor preliminare efectuate în toamna anului 1984, pentru o viteză a vîntului $W_m = (3{,}5 - 4)$ m/s, egală cu viteza medie anuală a vîntului în amplasamentul preconizat pentru CSE, s-a determinat o abatere unghiulară a normalei $\varepsilon_v = (0{,}18 - 0{,}19) \times 10^{-3}$ rad și o abatere datorată inerției sistemului $\varepsilon_{in} = 0{,}25 \cdot 10^{-3}$ rad. Cu aceste elemente, eroarea de poziționare medie ε_m a razei reflectate (precizia medie de țintire) este :

$$\varepsilon_m = \pm 2\ (\varepsilon_v + \varepsilon_{in}) = \pm 0{,}870 \cdot 10^{-3}\,\text{rad}.$$

Considerînd că valorile ε_v sînt proporționale cu viteza vîntului, rezultă valoarea erorii maxime de poziționare pentru $W_{max} = 10$ m/s :

$$\varepsilon_{max} = \pm 1{,}57 \cdot 10^{-3}\ \text{rad}.$$

Această valoare se încadrează în gradul de precizie impus de condițiile de funcționare a heliostatului.

Concluzii

Cele două heliostate realizate constituie o premieră în tehnica echipamentelor solare românești și au fost construite exclusiv cu componente ale industriei indigene.

Tehnologiile de realizare specifice sînt, de asemenea, adaptabile tehnologiilor de serie existente.

Caracteristicile constructive și primele rezultate obținute pe baza experimentărilor preliminare demonstrează că heliostatele H 41 și H 46 sînt comparabile cu heliostatele din ultima generație realizate pe plan mondial. Performanțele pot fi, în continuare, îmbunătățite prin ridicarea calității oglinzilor, respectiv prin creșterea coeficientului de reflexie al stratului reflectant și prin reducerea pierderilor prin absorbție.

S-au pus, de asemenea, la punct metode de focalizare corespunzătoare, operative și cu precizie ridicată.

S-au elaborat metode de studiu teoretic al petei focale obținute la nivelul receptorului solar (programe de calcul), pe baza cărora se determină geometria petei focale și distribuția de intensitate corespunzătoare.

Concluziile asupra comportării de durată a acestor echipamente și eventualele perfecțio-

nări care se impun urmează a fi evidențiate după desfășurarea experimentărilor de durată în cadrul standului experimental realizat în acest scop la ICEMENERG. Se vor urmări, în mod special, următoarele : comportarea în timp, în condiții climatice naturale, a materialelor componente, gradul de menținere a focalizării inițiale, posibilitățile de urmărire și comandă prin calculator și precizia de orientare obținută, variația reală a geometriei petei focale și a distribuției de intensitate a radiației reflectate, existența unor posibilități de optimizare a soluțiilor realizate.

Pe baza rezultatelor obținute se vor definitiva soluțiile de realizare a heliostatelor pentru centrala solară experimentală de înaltă temperatură.

Bibliografie

[1] Popescu, C. ș.a. *Concepția de ansamblu și soluțiile tehnologice aplicate în execuția heliostatelor pentru centrala solară cu ciclu termodinamic de înaltă temperatură.* In : Energetica, 32, 1984, nr. 4, p. 154—161.

[2] * * * *Centrală solară experimentală de înaltă temperatură cu ciclu termodinamic.* Cercetări ICEMENERG, 1984.

(Primit la 1 februarie 1985, acceptat la 8 martie 1985)

Determinarea pierderilor de putere datorate abaterilor sistematice de poziționare a heliostatelor la o centrală solară electrică cu turn

Ing. Constantin Popescu, dr. ing. Dorin Marcel Potlog *

Descriptori : heliostat ; abateri de poziționare ; centrală solară electrică cu turn ; cîmp de heliostate

Introducere

La centralele solaro-electrice cu turn, principiul de funcționare impune acoperirea permanentă a deschiderii cazanului cu radiațiile reflectate de heliostate.

Datorită abaterii inerente de poziționare a petelor reflectate (abatere produsă de jocurile din elementele de transmisie a mișcărilor de orientare pe zenit și pe azimut, de vibrațiile sub acțiunea vîntului, ale structurii metalice a heliostatelor și ale stîlpului de susținere a heliostatului), o parte din radiația transmisă de cîmpul de heliostate iese din deschiderea cazanului în mod permanent, constituind pierderi de care trebuie să se țină seama la stabilirea randamentului global al centralei.

Mărimea acestor pierderi depinde de datele constructive ale centralei, și anume : dimensiunile deschiderii cazanului și înclinarea acesteia față de verticală, înălțimea turnului și cea a stîlpilor de susținere ai heliostatelor, pozițiile în cîmp ale heliostatelor, panta cîmpului de heliostate etc.

Calculul pierderilor de putere reprezintă unul din elementele care permit optimizarea energetică a soluțiilor de amplasare în teren a heliostatelor. Un calcul analitic foarte exact este dificil de realizat datorită numărului mare de mărimi care trebuie luate în considerare.

Se prezintă în continuare o metodă de calcul simplificată, care conduce la o evaluare a pierderilor cu un grad acceptabil de precizie.

* Ing. Constantin Popescu, dr. ing. Dorin Marcel Potlog —cercetători științifici la ICEMENERG-București

1. Ipoteze de calcul

S-a considerat dispunerea heliostatelor în N rînduri, în cadrul unui sector circular, în centrul căruia se află amplasat turnul cu cazanul solar.

Se alege un grup de heliostate (de indice curent i), situate unul lîngă altul, astfel încît numărul minim de heliostate conținute în grup să acopere cu petele lor reflectate întreaga deschidere a cazanului.

Coordonatele polare (luînd ca pol turnul), care definesc poziția în cîmp a grupului considerat sînt: φ_i — unghiul măsurat de la bisectoarea cîmpului la raza care trece prin centrul geometric al grupului de heliostate și R_i — distanța măsurată pe rază, în plan orizontal, de la baza turnului la centrul geometric al grupului de heliostate (fig. 1).

Deschiderea cazanului are o suprafață dreptunghiulară cu baza b_d și înălțimea h_d, înclinată față de verticală cu unghiul α_d.

Se fac următoarele ipoteze de calcul :

— Radiația reflectată de grupul de heliostate considerat este uniform distribuită pe deschiderea cazanului, ca urmare a suprapunerii aleatorii a petelor individuale.

— Erorile unghiulare maxime de poziționare sînt :

$$\varepsilon_{zmax} = \varepsilon_s + \varepsilon_{st} + \varepsilon_r + \varepsilon_l \text{ (pe zenit)}, \quad (1)$$

$$\varepsilon_{\beta max} = \varepsilon_s + \varepsilon_{st} + \varepsilon_r + \varepsilon_l \text{ (pe azimut)}, \quad (2)$$

în care :

ε_s este abaterea unghiulară produsă de vibrațiile stîlpului de susținere a heliostatului ;

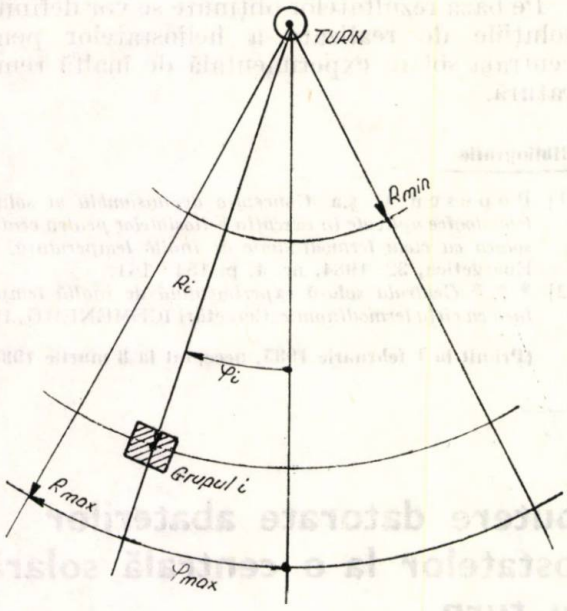


Fig. 1. Schiță de calcul privind amplasarea cîmpului de heliostate.

ε_{st} — abaterea produsă de vibrațiile structurii heliostatului;

ε_r — abaterea datorată jocurilor în reductoarele de turație;

ε_l — abaterea datorată jocurilor în lagăre.

Toate aceste abateri sînt stabilite pentru viteza maximă a vîntului (V_{max}).

În calcule nu s-au luat în considerare valorile ε_{zmax} și $\varepsilon_{\beta max}$, cu o abatere medie $\varepsilon_m = \varepsilon_{zm} = \varepsilon_{\beta m}$, care corespunde vitezei medii a vîntului din zona geografică în care este amplasată centrala. Viteza medie a vîntului luată în calcul corespunde perioadei martie-octombrie și duratei diurne de funcționare a centralei.

— Pierderile de putere în valori absolute pentru eroarea zenitală, respectiv cea azimutală, au expresiile (fig. 2):

$$\Delta P_{zi} = \varepsilon_m \cdot R'_i \cdot b_{di} \cdot d_p, \qquad (3)$$

$$\Delta P_{\beta i} = \varepsilon_m \cdot R'_i \cdot h_{di} \cdot d_p, \qquad (4)$$

unde:

h_{di}, b_{di} reprezintă înălțimea aparentă a deschiderii, respectiv lățimea aparentă a acesteia.

Aceste dimensiuni aparente sînt diferite de cele reale b_d, respectiv h_d (fig. 3 și fig. 4), datorită înclinării deschiderii cazanului și pozițiilor diferite în cîmp ale grupurilor de heliostate.

R'_i este distanța măsurată între centrul geometric al grupului de heliostate considerat și cel al deschiderii aparente a cazanului.

d_p — densitatea puterii pe deschiderea aparentă a cazanului, definită de relația:

$$d_p = \frac{P_{ri}}{h_{di} \cdot b_{di}}, \qquad (5)$$

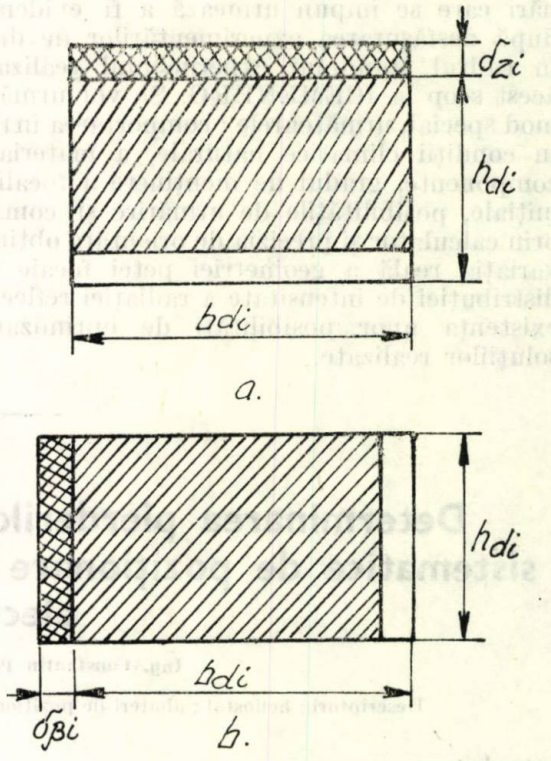


Fig. 2. Schiță pentru determinarea pierderilor: a — zenitale; b — azimutale.

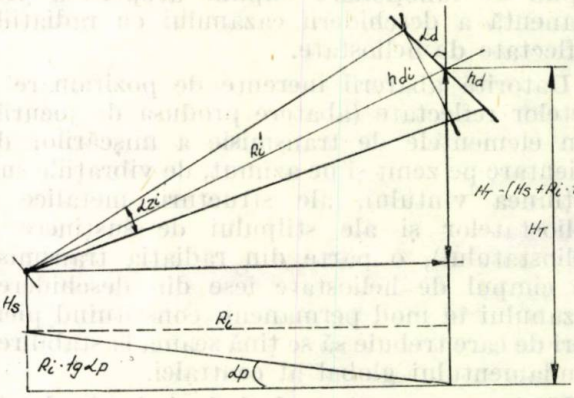


Fig. 3. Schiță de calcul pentru determinarea înălțimii aparente a deschiderii cazanului (h_{di}).

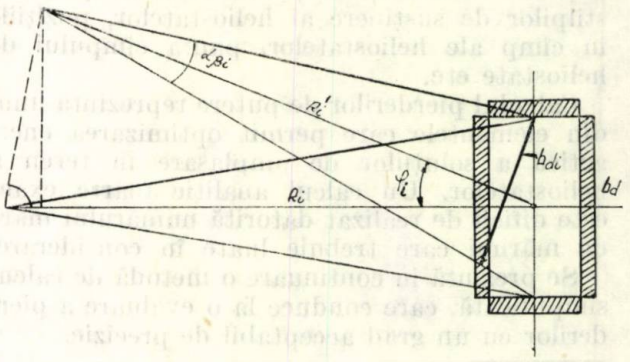


Fig. 4. Schiță de calcul pentru determinarea bazei aparente a deschiderii cazanului (b_{di}).

în care P_{ri} este puterea totală reflectată de grupul de heliostate i.

— Pierderile zenitale și cele azimutale nu se produc în mod simultan.

S-a luat în considerare un coeficient de simultaneitate de 0,5. Rezultă următoarele pierderi totale :

$$\Delta P_i = \frac{\Delta P_{zi} + \Delta P_{\beta i}}{2}. \qquad (6)$$

Această ipoteză este justificată și de constatarea că vîntul real suflă în rafale.

2. Expresiile analitice pentru pierderile de putere în valori relative

Ținînd cont de ipotezele de calcul prezentate (fig. 3 și fig. 4), pentru distanța R'_i s-a obținut expresia :

$$R'_i = \sqrt{R_i^2 + [H_T - (H_S + R_i \cdot \mathrm{tg}\alpha_p)]^2} = R_i \cdot \sqrt{1+k_i^2}, \qquad (7)$$

în care :

H_T — înălțimea de la sol la centrul geometric al deschiderii cazanului ;

H_s — înălțimea de la sol la centrul geometric al grupului de heliostate ;

α_p — unghiul de pantă a terenului.

Variabila k_i este definită de relația :

$$k_i = \frac{H_T - H_S - R_i \cdot \mathrm{tg}\alpha_p}{R_i}. \qquad (8)$$

Pentru h_{di} și b_{di} se obțin :

$$h_{di} = h_d \cdot \frac{k_i \cdot \sin\alpha_d + \cos\alpha_d}{\sqrt{1+k_i^2}}, \qquad (9)$$

$$b_{di} = b_d \cdot \cos\varphi_i. \qquad (10)$$

Pierderile relative (raportul dintre puterea pierdută din deschiderea cazanului și cea transmisă de grupul de heliostate pe aceasta) au expresiile :

$$\Delta p_{zi} = \frac{\varepsilon_m \cdot R'_i \cdot b_{di}}{b_{di} \cdot h_{di}} = \frac{\varepsilon_m}{h_d} \cdot \frac{R_i^2 + (H_T - H_S - R_i \cdot \mathrm{tg}\alpha_p)}{(H_T - H_S - R_i \cdot \mathrm{tg}\alpha_p) \cdot \sin\alpha_d + R_i \cdot \cos\alpha_d}. \qquad (11)$$

$$\Delta p_{\beta i} = \frac{\varepsilon_m \cdot R'_i \cdot h_{di}}{b_{di} \cdot h_{di}} = \frac{\varepsilon_m}{b_d} \cdot \frac{R_i^2 + (H_T - H_S - R_i \cdot \mathrm{tg}\alpha_p)^2}{\cos\varphi_i}. \qquad (12)$$

Cu introducerea variabilei k_i se obține o scriere mai compactă a relațiilor (11) și (12) :

$$\Delta p_{zi} = \varepsilon_m \cdot \frac{H_T - H_S - R_i \cdot \mathrm{tg}\alpha_p}{h_d} \cdot \frac{1}{k_i} \cdot \frac{1 + k_i^2}{k_i \cdot \sin\alpha_d + \cos\alpha_d}, \qquad (13)$$

$$\Delta p_{\beta i} = \varepsilon_m \cdot \frac{H_T - H_S - R_i \cdot \mathrm{tg}\alpha_p}{b_d} \cdot \frac{\sqrt{1+k_i^2}}{k_i \cdot \cos\varphi_i}. \qquad (14)$$

Pierderile relative totale sînt :

$$\Delta p_i = \frac{\Delta p_{zi} + \Delta p_{\beta i}}{2}. \qquad (15)$$

Analizînd expresia (11) rezultă că pierderile zenitale prezintă un minim care, la un unghi de pantă $\alpha_p = 0$, are loc pentru distanța :

$$R_i = (H_T - H_S)(\sqrt{1+\mathrm{tg}^2\alpha_d} - \mathrm{tg}\alpha_d). \qquad (16)$$

2.1. Variația pierderilor relative în funcție de poziția grupului de heliostate

Ținînd cont de relațiile de mai sus se pot trasa două categorii de caracteristici de pierderi : una pentru grupuri situate la aceeași distanță de turn (R_i = constant ; φ_i = variabil) și o alta pentru grupuri situate pe aceeași rază (R_i = variabil și φ_i = constant).

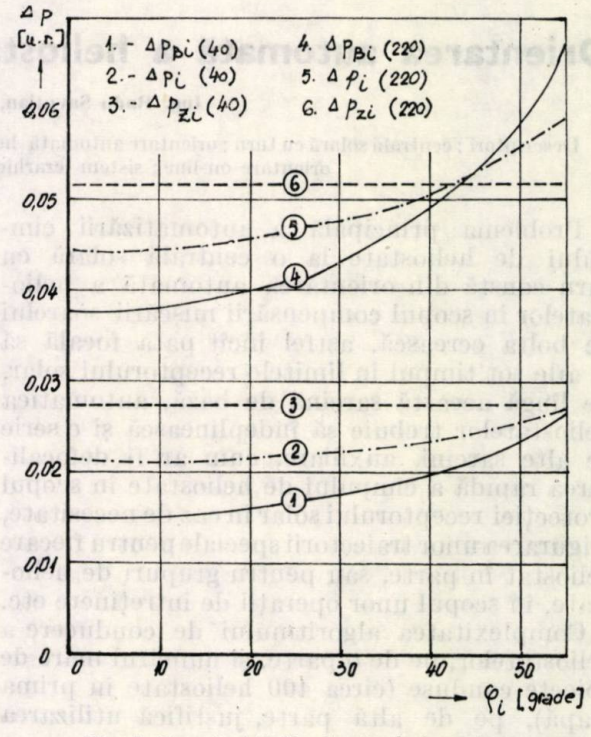


Fig. 5. Caracteristicile de pierderi pentru : R_i = constant ; φ_i = variabil.

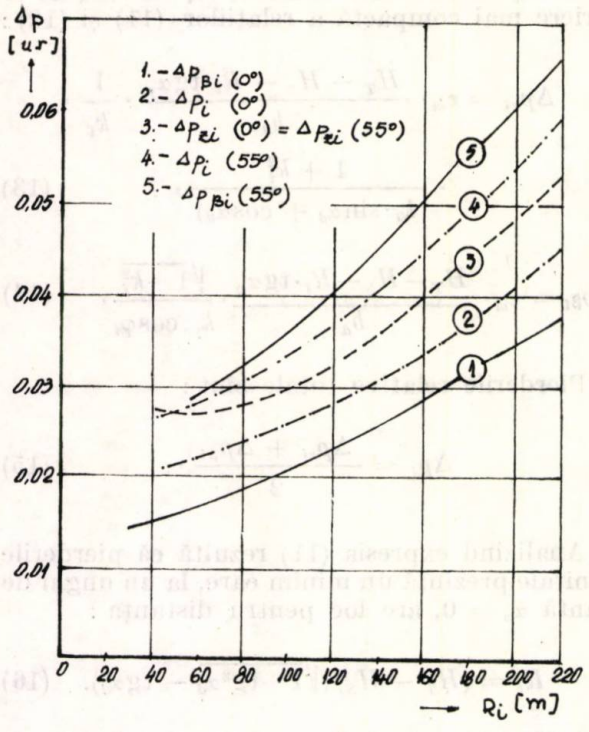


Fig. 6. Caracteristicile de pierderi pentru R_i = variabil; φ_i = constant.

Pentru exemplificare s-au considerat următoarele date: $H_T = 90$ m; $H_S = 3{,}48$ m; $b_d = 5{,}5$ m; $h_d = 4$ m; $R_{i\,min} = 40$ m; $R_{i\,max} = 220$ m; $\varepsilon_m = 0{,}875 \cdot 10^{-3}$ rad; $\varphi_{max} = 55°C$; $\alpha_d = 25°$; ($\sin\alpha_d = 0{,}432$; $\cos\alpha_d = 0{,}906$); $\alpha_p = 0$.

Variația pierderilor relative de putere pentru cazul R_i = constant, φ_i — variabil este prezentată în figura 5.

Curbele caracteristice pentru R_i — variabil, φ_i = constant sînt reprezentate în figura 6.

Analiza caracteristicilor de pierderi (fig. 5 și fig. 6) indică următoarele:

— pierderile maxime au valori în jur de 6% și se produc pentru grupele de heliostate aflate la extremitățile laterale ale cîmpului;

— pierderile minime se produc pentru grupurile de heliostate aflate în zona centrală a cîmpului; pentru exemplul considerat, acestea au loc la $R_i = 55$ m și au valoarea de 2,64%.

Estimările obținute permit dimensionarea preliminară a cîmpului de heliostate pentru o centrală solară. Prin dezvoltarea metodicii elaborate se vor putea calcula pierderile de energie diurne, sezoniere sau anuale pentru o configurație dată a cîmpului de heliostate, precum și limitările impuse de precizia de țintire asupra puterii unei centrale solare.

Bibliografie

Vărzaru, V., Lauric, M., Molnar, T. *Concentrator parabolic pentru centrale solaro-electrice cu concentrare distribuită.* În: Energetica 32, 1984, nr. 4, p.161—167.

Orientarea automată a heliostatelor la o centrală solară cu turn

Ing. Radu Savulian, ing. Ludmila Țînțăreanu*

Descriptori: centrală solară cu turn; orientare automată heliostate; calculator off-line; algoritm de comandă a heliostatelor; orientare on-line; sistem ierarhic multimicroprocesor; niveluri de prioritate

Problema principală a automatizării cîmpului de heliostate la o centrală solară cu turn constă din orientarea automată a heliostatelor în scopul compensării mișcării soarelui pe bolta cerească, astfel încît pata focală să se afle tot timpul în limitele receptorului solar. Pe lîngă această sarcină de bază, automatica heliostatelor trebuie să îndeplinească și o serie de alte sarcini, auxiliare, cum ar fi defocalizarea rapidă a cîmpului de heliostate în scopul protecției receptorului solar în caz de necesitate, asigurarea unor traiectorii speciale pentru fiecare heliostat în parte, sau pentru grupuri de heliostate, în scopul unor operații de întreținere etc.

Complexitatea algoritmului de conducere a heliostatelor, pe de o parte, și numărul mare de obiecte conduse (circa 400 heliostate în prima etapă), pe de altă parte, justifică utilizarea calculatoarelor de proces pentru realizarea sistemului de orientare automată.

În cele ce urmează sînt trecute în revistă principalele caracteristici ale sistemului automat de orientare a heliostatelor la prima centrală solaro-electrică ce se va construi în țara noastră.

1. Principalele caracteristici ale obiectului condus (heliostatului)

Din punctul de vedere al realizării sistemului automat de orientare, heliostatul prezintă următoarele caracteristici notabile:

— oglinda heliostatului are montură azimutală, cu două grade de libertate, poziția momentană a unui heliostat fiind complet caracterizată de două coordonate unghiulare: azimutul și înălțimea.

* Ing. Radu Savulian și ing. Ludmila Țînțăreanu — proiectanți principali la ISPE.

— acționarea heliostatelor pe cele două direcții se realizează fie cu motoare de curent alternativ, fie cu motoare de curent continuu de putere mică, echipate cu un reductor cu factor mare de demultiplicare (de ordinul a 40000), ceea ce conferă heliostatului un caracter dinamic pur integral, inerția fiind aproape neglijabilă;

— heliostatul nu este echipat cu traductor de poziție absolută (din motive de cost), ci cu cîte un numărător de turații ale arborelui motorului de antrenare pe fiecare direcție de mișcare, care trimite un impuls la fiecare rotație completă a acestuia;

— heliostatul dispune de un „bloc de alimentare și comandă" care asigură, pe de o parte, tensiunile de alimentare ale releelor locale care conectează/deconectează motoarele de antrenare, iar, pe de altă parte, dă posibilitatea efectuării unor comenzi de orientare a heliostatului la nivel local;

— constructorul heliostatului a realizat și un sistem de reglaj în buclă închisă cu lunetă și celule fotoelectrice, care poate urmări soarele în mișcarea lui pe bolta cerească cu o precizie de 1 mrad;

— indiferent de tipul motorului folosit, comanda motoarelor de acționare se face cu tensiune constantă, deci viteza de rotație a heliostatelor este constantă atîta timp cît motoarele respective sînt alimentate;

— precizia de orientare a sistemului trebuie să fie mai bună de 4 mrad;

— din motive de cost și de teren nu poate fi utilizată soluția cu traductor (lunetă) de rază reflectată montat pe stîlp separat.

2. Algoritmul de comandă

În principiu, sistemul de orientare automată are de rezolvat în permanență două probleme:

— determinarea poziției soarelui;

— orientarea heliostatelor după direcția bisectoarei unghiului format de raza incidentă cu cea care trebuie să se reflecte pe turn.

Determinarea poziției soarelui în orice moment se poate realiza fie cu ajutorul unui algoritm predictiv, bazat pe modelul exact al mișcării soarelui pe bolta cerească, fie cu ajutorul unei lunete de urmărire.

Calculul direcției bisectoarei între direcția din care vin razele soarelui și vectorul care unește punctul fix al oglinzii cu centrul receptorului solar nu se poate face cu precizie suficientă decît cu mijloace ale tehnicii de calcul. Problema dificilă, în cazul heliostatelor de tipul descris, constă în fixarea referențialului, întrucît, neexistînd traductor absolut de precizie, aducerea în poziția inițială se poate face numai manual prin vizarea unui reper fix. Din această poziție, controlul este preluat de sistemul automat, care estimează pozițiile momentane ale fiecărui heliostat după numărul de impulsuri primit de la numărătorul de turații ale motorului de antrenare, corelat cu cunoașterea sensului de rotație (poziția releelor de comandă). Este evident, că, pentru a nu repeta operația manuală de aducere în poziția inițială a heliostatelor, este necesar fie să se mențină sub tensiune un element cu memorie al sistemului de orientare automată, fie să se înregistreze cu precizie momentul încetării lucrului, pentru ca, la reluarea activității, heliostatele să fie preluate dintr-o poziție cunoscută.

variantă a algoritmului de comandă a heliostatelor, atunci cînd nu se poate stabili automat poziția lor inițială, este următoarea:

Fiecare bloc de alimentare și comandă (BAC) al fiecărui heliostat este echipat suplimentar cu regulatorul în buclă închisă, care permite orientarea automată a heliostatului cu normala în direcția soarelui. În plus, o lunetă echipată cu regulator de același tip, cu sistem de antrenare identic cu cel al heliostatelor și cu numărătoare de turații ale motoarelor de antrenare identice cu cele ale heliostatelor, urmărește în continuu soarele în mișcarea lui aparentă pe bolta cerească. Practic, această lunetă poate fi un concentrator parabolic, care are oricum echiparea menționată, mai puțin numărătoarele de turații. Acestea din urmă pot fi adăugate concentratorului în cauză, care va prelua și funcția de lunetă conducătoare.

La pornirea sistemului se pun în funcțiune regulatoarele individuale în buclă închisă ale lunetei conducătoare și heliostatelor. După trecerea unui interval de timp, necesar ca toate obiectele comandate individual să ajungă din poziția în care se găseau într-o poziție cu normala apropiată de direcția razelor soarelui, toate oglinzile ajung să fie orientate continuu cu fața spre soare. În această situație cîmpul este complet defocalizat, dar poziția momentană a fiecărei oglinzi este cunoscută. Pentru începerea comenzii de focalizare a cîmpului, sistemul automat nu are decît să deconecteze regulatoarele individuale de orientare în buclă închisă a heliostatelor și să lase în funcțiune regulatorul lunetei conducătoare, numărînd timpul impulsurilor care vin de la aceasta și cunoscînd timpul la care s-a oprit cîmpul de heliostate. În acest moment, contoarele de impulsuri asociate fiecărui motor de antrenare de heliostat sînt puse pe zero. În funcție de abaterea unghiulară momentană a fiecărui heliostat față de direcția lunetei conducătoare și de geometria (cunoscută) a cîmpului de heliostate, sistemul automat va calcula corecțiile necesare pentru aducerea normalelor heliostatelor pe direcțiile bisectoarelor unghiurilor între raza incidentă și razele reflectate pe receptorul solar și va comanda, în consecință, fiecare heliostat în parte.

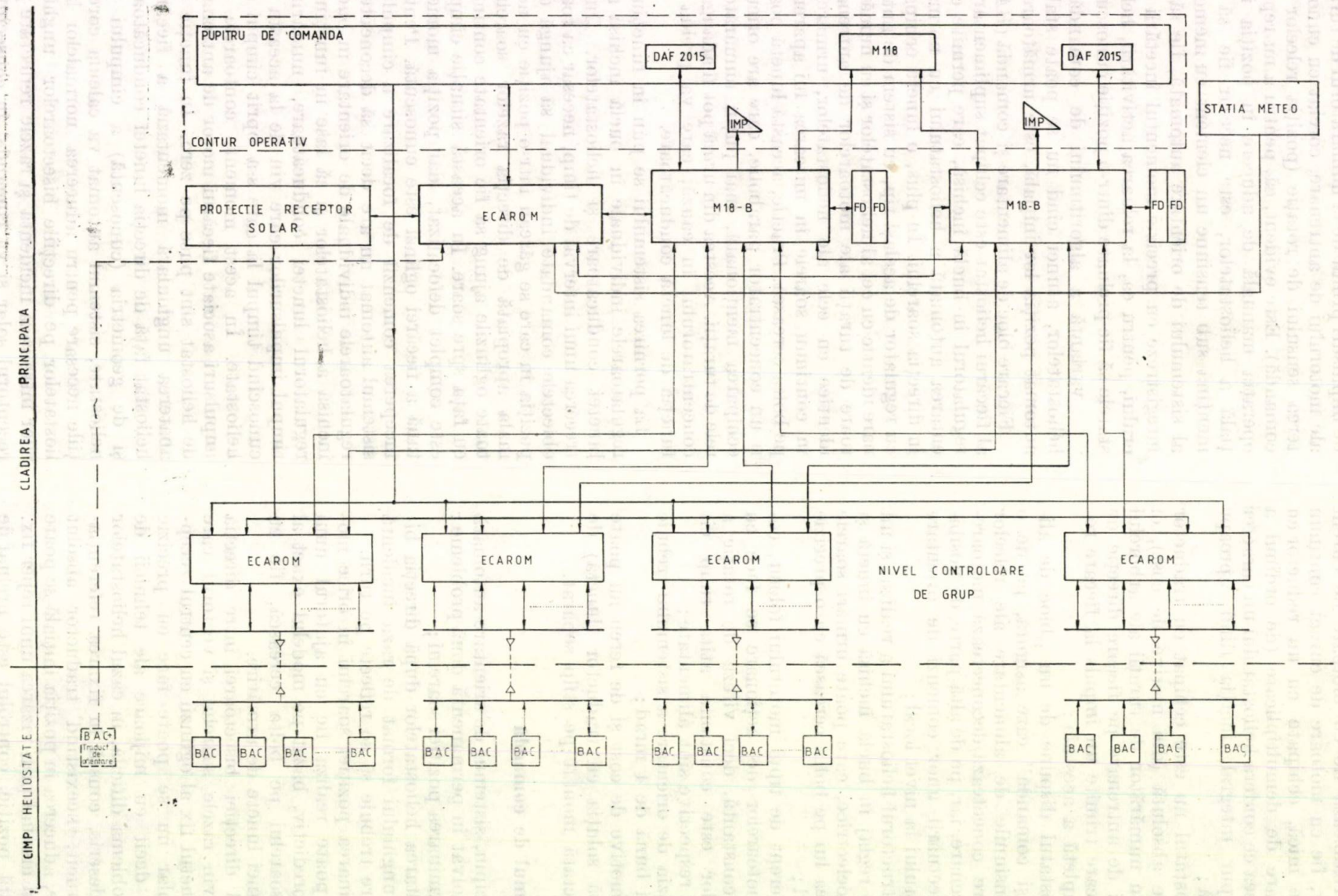


Fig. 1. Orientarea automată a heliostatelor la centrala solară experimentală de înaltă temperatură 1MWe. Schemă bloc.
Notă. — — — valabil pentru varianta hibridă; —— variantă hibridă : blocurile de alimentare şi comandă BAC conţin şi regulatoarele de orientare în buclă închisă, tip ICEMENERG.

Acest algoritm se bazează pe ideea de a înlocui referențialul fix, față de care fiecare heliostat trebuie poziționat inițial manual, cu un referențial mobil, legat de poziția momentană a soarelui, dar față de care fiecare heliostat se poate orienta singur (prin sistemul de reglare individual), cu precizie satisfăcătoare.

Atît algoritmul predictiv de calcul al poziției momentane a soarelui în funcție de latitudinea, longitudinea și altitudinea locului, plus timpul exact absolut, cît și algoritmul de focalizare utilizat pentru calculul poziției normalei la fiecare heliostat se bazează pe funcții trigonometrice directe și inverse și necesită un echipament de calcul numeric.

3. Configurația sistemului automat de orientare a heliostatelor

Sistemul automat de comandă a heliostatelor este realizat pe baza mijloacelor de tehnică de calcul și automatizare disponibile în țară. El este un sistem ierarhic multimicroprocesor organizat pe două niveluri (fig. 1).

La nivelul inferior au fost prevăzute un număr de controloare de grup, realizate fizic cu echipamente ECAROM 881, care comandă direct blocurile de alimentare și comandă ale heliostatelor. Fiecare controlor de grup controlează circa 30 de heliostate.

La nivelul superior se află un sistem de două microcalculatoare de tip Felix M18B, rezervate reciproc, care coordonează funcționarea controloarelor de grup. Microcalculatoarele Felix M18B coordonatoare sînt conectate și cu două display-uri alfanumerice aflate la pupitrul operativ, cu două imprimante seriale și cu un microcalculator grafic M118, cu funcții de display grafic. De asemenea, microcalculatoarele coordonatoare Felix M18B sînt conectate și cu un echipament ECAROM auxiliar, conectat la stația meteo și la instalația autonomă de protecție a cazanului solar.

În principiu, funcția de bază a nivelului superior de comandă este calculul continuu al poziției soarelui pe bolta cerească și transmiterea către controloarele de grup a coordonatelor unghiulare ale acestuia. Totodată, el asigură o serie de comenzi centralizate, cum ar fi punerea în steag în perioadele de repaus (dacă este cazul) sau în caz de pericol (condiții meteo nefavorabile).

La nivelul inferior se cunoaște geometria grupului de heliostate condus, poziția momentană a fiecărui heliostat, direcția razelor soarelui (comunicată de la nivelul superior) și se calculează corecțiile necesare pentru fiecare heliostat în parte, comandînd direct motoarele de antrenare prin intermediul blocurilor de alimentare și comandă.

Această structură a sistemului de comandă automată a heliostatelor este valabilă pentru ambele cazuri descrise anterior, și anume (1) reglare predictivă, bazată pe modelul matematic exact al mișcării aparente a soarelui pe bolta cerească, sau (2) sistem de urmărire în buclă închisă, bazat pe lunetă conducătoare pentru urmărirea soarelui.

Configurația propusă se comportă bine și în cazul unor situații anormale, cum ar fi defectarea unui controlor de grup. Într-o astfel de situație, cele circa 30 de heliostate comandate de controlorul defect rămîn temporar pe loc, dînd naștere unui focar parazit ce se deplasează aproximativ pe direcția vest-est, cu o viteză unghiulară egală cu cea a soarelui. Acest focar nu reprezintă un pericol pentru obiectele care ar putea intra în traiectoria lui. Alegerea numărului de heliostate ce intră într-un grup s-a făcut tocmai pe considerente de securitate în caz de defect la elementul de comandă.

4. Soluții constructive și amplasare

Întregul sistem de orientare automată, format din calculatoare Felix M18B, echipamente ECAROM, display-uri alfanumerice și un microcalculator grafic M118, se află amplasate în camera de comandă, unde se poate asigura o temperatură de 5 — 45°C necesară bunei funcționări a acestora.

Blocurile de alimentare și comandă se află montate pe heliostate, în aer liber.

Cablurile de comandă și semnalizare, ca și cele de alimentare au fost pozate pe trasee de cabluri judicios alese între turnul centralei (unde se află camera de comandă) și grupurile de heliostate.

5. Stadiul cercetărilor și lucrărilor de proiectare. Aspecte generale

În prezent sînt în curs o serie de experimente efectuate în cadrul standului experimental pentru testarea echipamentelor solare din ICEMENERG. În funcție de rezultatele testelor prevăzute (concordanța performanțelor sistemului automat real cu cele calculate), se va alege unul din cele două algoritme descrise. În paralel se desfășoară lucrări de proiectare, documentații de montaj echipamente și cabluri.

(Primit la 1 februarie 1985, acceptat la 8 martie 1985)

Aspecte privind proiectarea primei centrale solare termice montane din România

Dr. fiz. Doina Moraru, ing. Mircea Stoian, ing. Victor Teodorescu, ing. Mircea Drăgan, sing. Marian Bâcu-Colfescu*

Descriptori : centrală solară termică, captator cilindro-parabolic ; radiaţie solară ; energie solară ; suprafeţe reflectante ; rezervor de acumulare

Aspecte generale

În cadrul acţiunilor de valorificare a surselor energetice noi şi refolosibile, Institutul de Studii şi Proiectări Energetice — ISPE—colaborează cu Institutul de Cercetări şi Proiectări pentru Industria Electrotehnică — ICPE — în direcţia extinderii domeniilor de valorificare a energiei termice solare, prin utilizarea captatoarelor cilindro-parabolice concepute de ICPE şi realizate de industria românească.

În acest sens, pe baza experienţei acumulate prin proiectarea şi realizarea unor centrale termice experimentale la Bragadiru (în sectorul agricol Ilfov) şi la Agigea (în judeţul Constanţa), s-a trecut la elaborarea proiectelor, executarea lucrărilor şi efectuarea de probe de exploatare la prima centrală solară termică montană (CSTM) din România.

Studiile prealabile, elaborate în scopul analizei oportunităţii unei astfel de unităţi energetice, au demonstrat utilitatea experimentării, zona aleasă beneficiind de un regim favorabil anual de însorire, cu nebulozitate mică şi cu un remarcabil calm din punctul de vedere al vîntului.

folosire a energiei solare, solicitînd realizarea unei centrale solare termice în cadrul COTS (Complexul de Odihnă şi Tratament al Sindicatelor) din localitatea Voineasa, jud. Vîlcea, unde există cerinţe de energie termică şi unde aprovizionarea cu combustibil convenţional (păcură şi motorină) întîmpină şi dificultăţi suplimentare, din cauza distanţei de circa 50 km faţă de cea mai apropiată cale ferată.

Terenul pus la dispoziţie de beneficiar (fig. 1) se află în incinta staţiunii, este neagricol, neintegrat în circuitul silvic şi este amplasat în imediata apropiere a unei centrale termice existente, care foloseşte combustibilul lichid ; dispunerea captatoarelor pe o coastă montană bine expusă radiaţiilor solare, cu pante mai pronunţate pe direcţia N—S şi mai mici pe direcţia E—V a permis folosirea maximală a suprafeţei terenului, prin montarea de captatoare cilindro-parabolice la distanţe minime admisibile constructiv între rînduri.

Dispoziţia generală adoptată a fost încadrată raţional în planul de sistematizare, prin colaborarea ICPE şi ISPE cu proiectantul general ISPH, soluţiile folosite vizînd şi evitarea po-

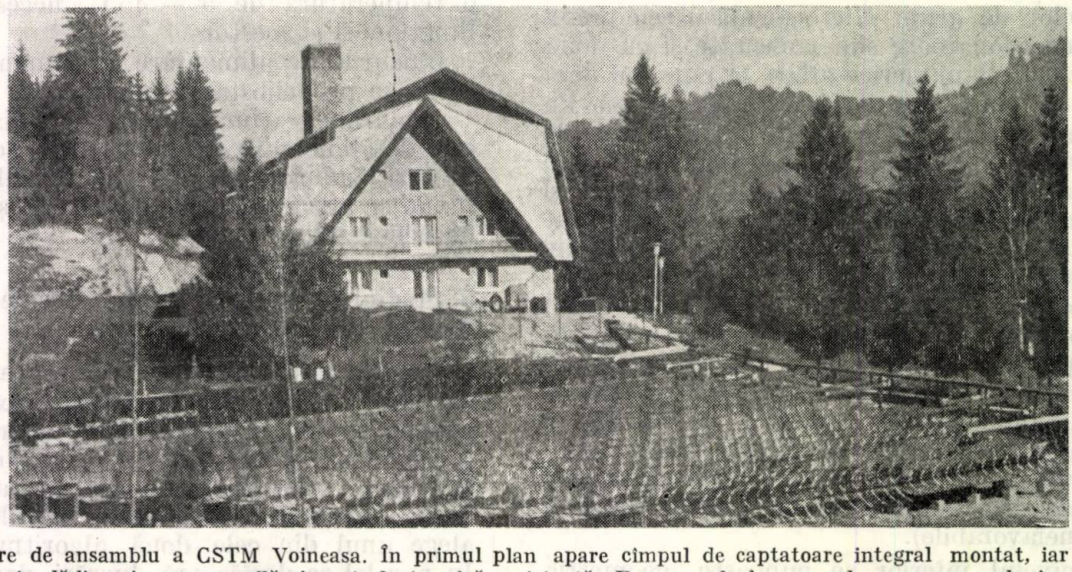


Fig. 1. Vedere de ansamblu a CSTM Voineasa. În primul plan apare cîmpul de captatoare integral montat, iar în planul mai îndepărtat, clădirea în care se află şi centrala termică existentă. Rezervorul de acumulare nu se vede în fotografie, fiind situat de cealaltă parte a clădirii.

Beneficiara lucrării, Uniunea Generală a Sindicatelor din România — UGSR, s-a dovedit interesată în introducerea noilor tehnologii de

luării vizuale a zonei, care are un pronunţat profil turistic.

Instalaţiile energetice solare montane au fost studiate, proiectate şi realizate în cursul anului 1984, fiind date parţial în folosinţă la 20 august 1984, completate şi experimentate parţial în cursul lunilor august — octombrie

* Dr. fiz. Doina Moraru — cercetător ştiinţific principal la ICPE — Bucureşti, ing. Mircea Stoian, ing. Victor Teodorescu proiectanţi principali, ing. Mircea Drăgan proiectant, sing. Marian Bâcu-Colfescu—ISPE — Bucureşti.

1984, urmînd a fi efectiv terminate, experimentate și utilizate la capacitatea nominală în cursul lunilor aprilie — octombrie 1985. Se are, de asemenea, în vedere eventuala trecere experimentală la regim de funcționare fie în perioada martie-octombrie, fie tot timpul anului.

1. Descrierea instalației. Regimuri de funcționare

Schema termomecanică de principiu a instalației este prezentată în figura 2.

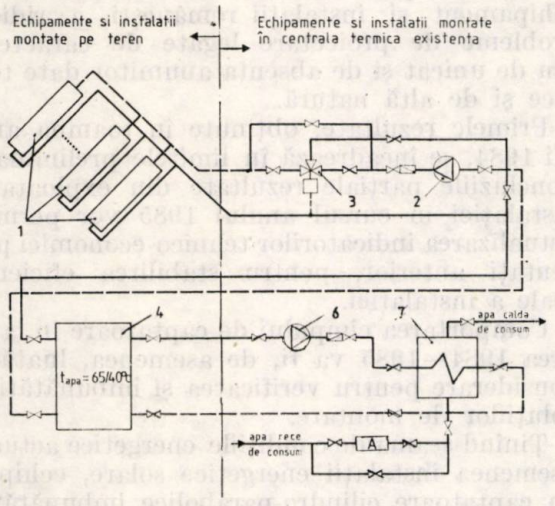


Fig. 2. Schema termomecanică de principiu a CSTM-Voineasa : 1 — cîmp de captatoare cilindro-parabolice; 2 — pompa de circulație-circuit primar; 3 — regulator direct de temperatură; 4 — acumulator de energie termică; 5 — pompa de circulație — circuit secundar; 6 — schimbător de căldură.

Instalația se compune, în principal, dintr-un cîmp format din 438 captatoare tip CSCF —1 și 32 captatoare de tip CSCF — 2,5, realizîndu-se o suprafață totală de captare de 956 m².

Captatoarele sînt cilindro-parabolice, cu factor de concentrare 5, concepute de ICPE București și realizate de Întreprinderea Autobuzul (tipul CSCF — 1, cu suprafața unitară de 2 m²) și de Întreprinderea de Contactoare Buzău (tipul CSCF — 2,5, cu suprafața unitară de 2,5 m²). Ansamblul șirurilor de captatoare se racordează la un rezervor de acumulare de energie termică în apă caldă, cu capacitatea nominală de 160 m³ și capacitatea utilă de 120 m³.

Instalația a fost proiectată pentru prepararea apei calde de consum, în următoarele regimuri :

1. Numai prin aportul instalației solare, cu acumulare sau fără acumulare de energie, fără funcționarea concomitentă a aparatului în contracurent existent.

2. Prin funcționarea concomitentă a instalației solare și a instalației existente.

3. Fără aportul instalației solare.

Circuitul primar al instalației îl constituie rețeaua formată din cîmpul de captatoare și racordarea sa la acumulator, circulația asigurîndu-se prin debit de apă variabil în funcție de variațiile intensității radiației solare (spre a se menține temperaturile de calcul ale apei din circuitul primar), folosind reglarea automatizată prin regulator de temperatură de tip RDT.

Circuitul secundar al instalației este conceput cu regim de exploatare „tot sau nimic" și este alcătuit din racordul de la acumulator la un schimbător de căldură în contracurent, care se înseriază ca o treaptă suplimentară, preliminară, pe circuitul secundar al schimbătorului de căldură și al boilerelor din instalația existentă pentru prepararea apei calde.

Puterea termică maximă de calcul, la intensitatea radiației solare directe 900 W/m² este circa 400 kW, respectiv (rotund) 350000 kcal/h.

Aportul energetic maxim de calcul pentru o zi senină din luna iulie este circa 4 MWht/zi, respectiv circa 3,5 Gcal/zi. Pentru capacitatea utilă a rezervorului de acumulare a energiei termice de 120 m³ apă și temperaturi de lucru 65°/40°C se acumulează 3 Gcal, respectiv aproximativ aportul energetic al unei zile senine de vară.

În conjunctura energetică actuală există perioade în care încărcarea termică a acumulatorului se face fără livrare concomitentă de apă caldă la consumatori. În regim nominal de descărcare (la consumator) de circa 15 m³/h apă caldă de 50°C (apa rece avînd 15°C), respectiv circa 0,525 Gcal/h, acumulatorul asigură 5 1/2 ore la livrarea de apă caldă, fără aport concomitent de căldură solară.

Instalația convențională existentă în centrala termică este dotată cu trei boilere a 3000 litri fiecare, ele permițînd o acumulare suplimentară de energie termică solară reprezentînd (rot) 0,3 Gcal pentru apa de 15°C/50°C, care poate fi utilizată atît în exploatare normală, cît și în eventuala trecere la regim de lucru experimental și în timpul iernii.

Instalațiile au fost proiectate pentru a permite o exploatare cît mai simplă și pentru a asigura perioada experimentală numai cu privire la caracteristicile locale specifice, care diferențiază instalațiile energetice solare montate la Voineasa față de cele realizate la București — Bragadiru și la Agigea.

Concepția de ansamblu a centralei solare termice montane Voineasa permite o eventuală viitoare extindere, atît ca suprafață captatoare, cît și ca profil și parametri de lucru, putînd fi utilizată experimental și pentru parametri termici superiori celor inițiali, destinați bazei medicale de tratamente speciale.

Execuția lucrărilor de montaj și instalații a fost realizată de Trustul de Antrepriză Generală de Construcții Carpați.

2. Indicatorii tehnico-economici generali

Caracteristicile energetice preliminate sînt următoarele :

— suprafață captatoare solare : 956 m² ;
— regim de lucru : sezonier (aprilie-octombrie) ;
— temperaturi nominale : 65°C/40°C ;
— puterea termică nominală : 300 kWt, respectiv (rot) 0,25 Gcal/h ;
— puterea termică maximă : 400 kWt, respectiv (rot) 0,35 Gcal/h ;
— energie livrată : 420 MWht/an, respectiv (rot) 360 Gcal/an ;
— durata nominală de funcționare : 1400 ore/an ;
— economie combustibil : 70 t c.c./an (73 kg c.c./an, m² captator) ;
— economie combustibil lichid a 9800 kcal/kg : 50 t comb. lichid/an ;
— teren cîmp captatoare : 2700 m² teren ;
— energie înglobată : 110 t c.c. ;

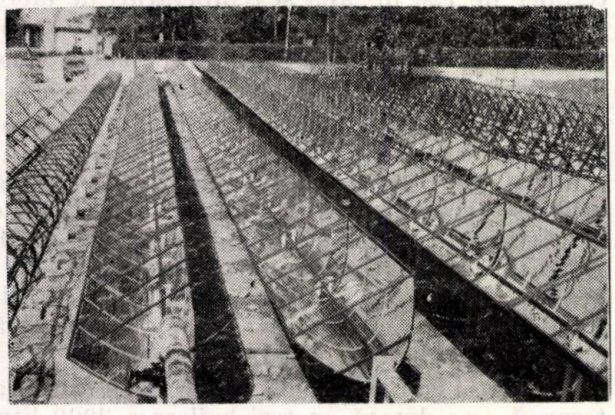


Fig. 3. Detaliu din cîmpul de captatoare.

— durata de viață : 40 ani ;
— cost energie livrată : 460 lei/Gcal ;
— economii anuale din combustibil economisit (pentru anul 1985, la 2960 lei/tc.c.) : 175 mii lei/an ;
— durată recuperare financiară : 13 1/2 ani ;
— durată recuperare energetică : 1 1/2 ani.

Indicatorii tehnico-economici prezentați au fost calculați potrivit metodologiei utilizate în ISPE.

Concluzii

Lucrarea, proiectată și realizată exclusiv cu echipament și instalații românești, a ridicat probleme de proiectare legate de caracterul său de unicat și de absența anumitor date tehnice și de altă natură.

Primele rezultate, obținute în toamna anului 1984, se încadrează în limitele preliminate. Concluziile parțiale rezultate din exploatarea instalației în cursul anului 1985 vor permite actualizarea indicatorilor tehnico-economici prezentați anterior, pentru stabilirea eficienței reale a instalației.

Comportarea cîmpului de captatoare în iarna grea 1984—1985 va fi, de asemenea, luată în considerare pentru verificarea și îmbunătățirea soluțiilor de montare.

Ținînd seama de condițiile energetice actuale, asemenea instalații energetice solare, echipate cu captatoare cilindro-parabolice îmbunătățite funcțional — constructiv și ieftinite (ca urmare a acțiunilor sistematice, în curs de desfășurare la ICPE și întreprinderile producătoare) vor putea rezolva, în anumite situații locale, necesarul de energie termică al unor categorii de consumatori.

(Primit la 1 februarie 1985, acceptat la 4 martie 1985)

Cicluri reale de funcționare ale unei instalații de stocare chimică a căldurii

Ing. Alexandru Mihăilă, chim. Adriana Predica, ing. Adrian Budacu *

Descriptori : acumulatoare de căldură ; acumulatoare de hidrogen ; hidruri metalice ; pompe chimice de căldură

În ICEMENERG funcționează din 1983 modelul de laborator al unei instalații de stocare chimică a căldurii [1].

Metoda de stocare chimică utilizează căldura de reacție la formarea și respectiv descompunerea hidrurii de FeTi după o reacție de felul următor :

$$2FeTi + xH_2 \rightleftharpoons 2FeTiHx. \quad (1)$$

Coeficientul x în reacția (1) indică faptul că hidrogenul nu reacționează stoechiometric cu aliajul de FeTi. În fapt, în hidrura FeTiHx,x poate avea orice valoare cuprinsă între 0 și 1,8. În practică ne aflăm în prezența unei infinități de substanțe de tip hidrură distribuite statistic în jurul unei valori medii a indicelui x.

Întrucît căldura de reacție a hidrogenului cu aliajul sus-menționat are o valoare medie, ΔH reprezentînd 14500 kJ pentru fiecare kilogram hidrogen absorbit, rezultă că un kilogram

* Ing. Alexandru Mihăilă — cercetător științific principal, chim. Adriana Predica cercetător științific, ing. Adrian Budacu — ICEMENERG.

de hidrogen poate stoca o cantitate de căldură egală cu :

$$q = \frac{W}{100} \times \Delta H, \qquad (2)$$

în care W este procentul în greutate al hidrogenului conținut în hidrura saturată cu hidrogen. Ținînd cont că W poate atinge circa 1,8%, rezultă pentru capacitatea specifică de stocare a hidrurii de fier-titan valoarea q egală cu 260 kJ/kg de hidrură. În practică această capacitate specifică nu poate fi utilizată complet, așa cum se va vedea în cele ce urmează, dintr-o serie de cauze, din care unele vor fi explicitate în această lucrare.

Instalația experimentală este prezentată în figura 1 și este formată dintr-un rezervor de hidrogen gazos 1, un rezervor cu hidrură schimbător de căldură 3, care permite transferul căldurii de formare și respectiv de descompunere a hidrurii fier-titan, și circuitul de transport al acestei călduri 4. Transportul căldurii se realizează între rezervorul de hidrură — schimbător de căldură și un termostat Th, care poate servi alternativ ca sursă și respectiv consumator pentru căldura de reacție.

Așa cum rezultă din [2], echilibrul de reacție FeTiHx pentru un anumit conținut de hidrogen în hidrură este dat de legea lui Van't Hoff :

$$\ln P = \frac{\Delta H}{RT} - \frac{\Delta S}{R}, \qquad (3)$$

unde ΔH și ΔS sînt variațiile de entalpie și respectiv entropie în procesul de reacție.

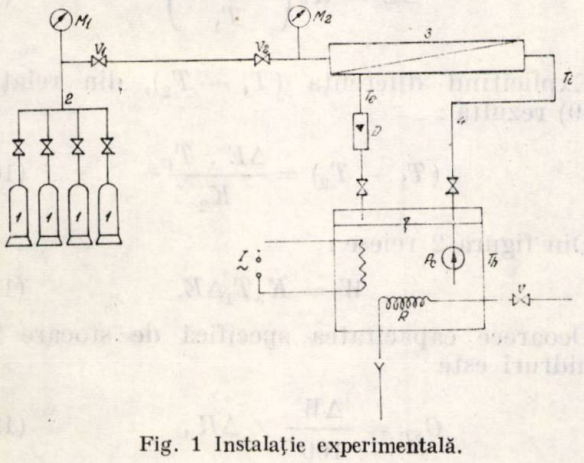


Fig. 1 Instalație experimentală.

Pentru hidrurile cu care se lucrează și la cîteva concentrații x, în formula FeTiHx — legea lui Van't Hoff este reprezentată în figura 2.

Ținînd seama de corelațiile reprezentate în figura 2, un ciclu posibil de stocare-recuperare între temperaturile 100 — 50°C poate fi reprezentat de patrulaterul ABCD, în care latura AB este acumularea în căldură sensibilă (încălzirea hidrurii între 50 și 100°C), iar BC este stocarea chimică la temperatura de 100°C prin desorbția din hidrura care trece de la FeTiH_{max} la FeTiH_{min}.

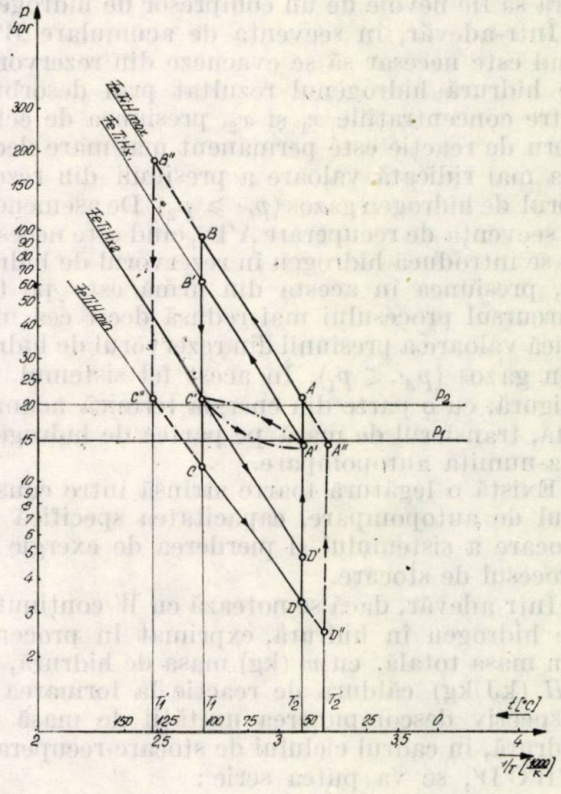


Fig. 2. Cicluri posibile de funcționare.

În secvența de recuperare a căldurii stocate distingem extragerea căldurii sensibile a hidrurii între 100° și 50°C (latura CD a patrulaterului) și apoi a căldurii de reacție la reformarea hidrurii la temperatura de 50°C (latura DA).

În procesul reprezentat în diagrama menționată, în secvența DA se introduce în rezervorul cu hidrură hidrogen de presiune corespunzătoare, astfel că se reformează exotermic hidrura, care în această secvență evoluează de la FeTiH_{min} la FeTiH_{max}. În acest fel s-a închis ciclul, iar căldurile de reacție ale aliajului FeTi cu H_2 în secvența de acumulare și apoi în cea de recuperare se transferă izoterm. Ciclul este posibil dacă se asigură transferul hidrogenului din și în rezervorul de hidrură într-un cuantum corespunzător variației concentrației de hidrogen legat. Ținînd cont de variația presiunii pe parcursul ciclului descris, pentru asigurarea transferului de masă pe partea de hidrogen trebuie să se recurgă la un sistem de pompare corespunzător. În acest fel se poate folosi teoretic tot potențialul capacității de stocare între FeTiH_{max} și FeTiH_{min}. Dacă însă se sacrifică o parte din acest potențial de stocare, cu ajutorul unui rezervor de hidrogen gazos de volum corespunzător, astfel încît să permită stocarea și

respectiv evacuarea cantității de hidrogen impusă de variația concentrației în hidrura de fier-titan între x_1 și x_2 și cu o variație a presiunii în rezervor între p_1 și p_2, se poate realiza ciclul notat pe diagrama din figura 2, cu A' B' C' D', fără să fie nevoie de un compresor de hidrogen.

Într-adevăr, în secvența de acumulare B'C' cînd este necesar să se evacueze din rezervorul de hidrură hidrogenul rezultat prin desorbție între concentrațiile x_1 și x_2, presiunea de echilibru de reacție este permanent mai mare decît cea mai ridicată valoare a presiunii din rezervorul de hidrogen gazos ($p_{C'} \geqslant p_2$). De asemenea, în secvența de recuperare A'D', cînd este necesar să se introducă hidrogen în rezervorul de hidrură, presiunea în acesta din urmă este pe tot parcursul procesului mai redusă decît cea mai mică valoare a presiunii din rezervorul de hidrogen gazos ($p_{A'} \leqslant p_1$). În acest fel sistemul își asigură, cu o parte din energia termică acumulată, transferul de masă pe partea de hidrogen, așa-numita autopompare.

Există o legătură foarte strînsă între consumul de autopompare, capacitatea specifică de stocare a sistemului și pierderea de exergie în procesul de stocare.

Într-adevăr, dacă se notează cu W conținutul de hidrogen în hidrură, exprimat în procente din masa totală, cu m (kg) masa de hidrură, cu ΔH (kJ/kg) căldura de reacție la formarea și respectiv descompunerea unității de masă de hidrură, în cadrul ciclului de stocare-recuperare A'B'C'D', se va putea scrie :

$$q = \Delta W \times \frac{M}{100} \times \Delta H, \tag{4}$$

q fiind cantitatea de energie termică stocată în procesul de descompunere a hidrurii, proces care se traduce printr-o variație a concentrației de hidrogen egală cu ΔW.

Pentru cazul ciclului A'B'C'D', în care variația concentrației este $\Delta W = x_1 - x_2$, rezultă în procesul de acumulare o cantitate de hidrogen G, dată de relația :

$$G = \Delta W \frac{M}{100}. \tag{5}$$

Această cantitate de hidrogen, trebuie stocată într-un rezervor în condițiile în care presiunea în acesta trebuie să varieze între valorile p_1 și p_2, sau :

$$\Delta P = p_2 - p_1. \tag{6}$$

Ținînd cont de legea gazelor perfecte :

$$p \cdot V = \mathrm{M\ R\ T} \tag{7}$$

rezultă volumul necesar de rezervor de stocare, pentru o variație a presiunii dată de relația (6) și de temperatura T la care gazul se stochează.

Valoarea diferenței de presiune $\Delta P \geqslant P_{C'} - P_{A'}$, poate fi egală cu 0, în care caz capacitatea de stocare cu autopompare este maximă, dar volumul necesar rezervorului de hidrogen gazos va tinde către infinit.

Același ΔP poate atinge valoarea maximă egală cu $\Delta P = P_{B'} - P_{A'}$, dar în această situație capacitatea specifică de stocare se reduce numai la căldura specifică a sistemului. Capacitatea specifică de stocare chimică a sistemului cu hidruri, proporțională cu variația concentrației de hidrogen legat în rețeaua aliajului metalic, depinde de nivelurile de temperatură la care se realizează stocarea și respectiv recuperarea și mai exact de diferența dintre aceste temperaturi. Acest lucru reiese din examinarea ciclului de stocare chimică A'' B'' C'' D'' care definește temperatura de acumulare minimă și de recuperare maximă, care permite formarea capacității de stocare caracterizată prin variația concentrației de hidrogen între curbele Van't Hoff pentru FeTiH_{max} și FeTiH_{min} respectiv, cu un rezervor de volum corespunzător, în care presiunea pe durata ciclului evoluează între p_1 și p_2.

Așa cum rezultă din compararea ciclurilor A'B'C'D' și A''B''C''D'' capacitatea specifică de stocare, proporțională cu variația concentrației de hidrogen depinde liniar de diferența de temperatură între stocare și recuperare, deci :

$$W = K_1(T_1 - T_2). \tag{8}$$

Pe de altă parte, variația exergiei în cursul ciclului este dată de relația :

$$\Delta E = K_2\left(\frac{T_1 - T_2}{T_1}\right). \tag{9}$$

Explicitînd diferența $(T_1 - T_2)$, din relația (9) rezultă :

$$(T_1 - T_2) = \frac{\Delta E \cdot T_1}{K_2}. \tag{10}$$

Din figura 2 reiese :

$$W = K_3 T_1 \Delta E. \tag{11}$$

Deoarece capacitatea specifică de stocare în hidruri este :

$$C_{ST} = \frac{\Delta W}{100} \times \Delta H, \tag{12}$$

rezultă imediat legătura care există între capacitatea specifică de stocare a unui sistem cu hidruri și nivelul de temperatură al acumulării și respectiv variația de exergie în decursul ciclului :

$$C_{St} = K_4 \frac{\Delta H}{100} T_1 \cdot \Delta E. \tag{13}$$

Faptul că această capacitate depinde și de temperatura de acumulare nu apare surprinzător, dacă se ține cont că funcționarea cu autopompare implică de fapt producerea în ciclu de lucru mecanic, proces care este cu atît mai eficient cu cît temperatura maximă din ciclu este mai ridicată.

Cele expuse pînă în prezent sugerează că este posibil ca o instalație de stocare a căldurii să funcționeze, permanent sau cu intermitență, fără nici un element în mișcare în sistemul hidrogen-hidrură. În acest scop, trebuie să se asigure în circuitul exterior, realizat între sursă și acumulator și respectiv între acumulator și consumator, transportul cantităților de căldură ce se stochează și al celor care se recuperează.

Această posibilitate a fost realizată pe instalația reprezentată schematic în figura 1. Cicluri

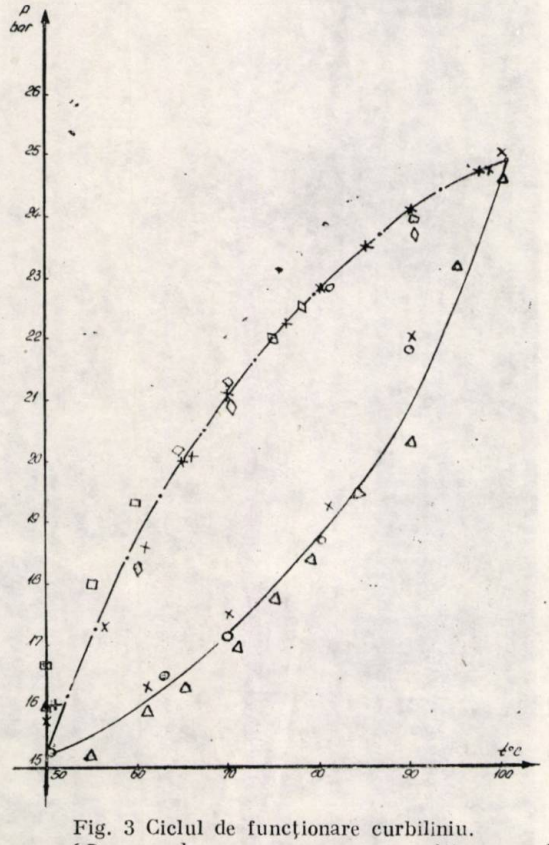


Fig. 3 Ciclul de funcționare curbiliniu.

7 martie { ○ acumulare, + recuperare; 6 martie { △ acumulare, □ recuperare; 5 martie { × acumulare, ◇ recuperare

cu geometria celor din figura 2 (patrulatere) se realizează prin menținerea izolată a rezervorului cu hidrură pe secvențele AB și CD. Ventilele de comunicație se deschid în punctele B și D și se închid în punctele A și C. În acest fel se separă încălzirea și răcirea sensibilă de efectul endotermic și respectiv exotermic al reacției reversibile metal-hidrogen.

Dacă în circuitul de hidrogen nu se închide comunicația între rezervorul cu hidrogen gazos și cel conținînd hidrurile, ciclul de stocare-recuperare se poate de asemenea realiza, (conturul curbiliniu marcat în figura 2 cu linie-punct).

Ambele cicluri au fost realizate cu instalația experimentală reprezentată în schema din figura 1. Ciclul curbiliniu are avantajul că permite funcționarea instalației pe partea de hidrogen absolut fără nici un element în mișcare, ceea ce este esențial pentru fiabilitatea unor echipamente de acest tip. Acest lucru permite automatizarea completă și asigurarea funcționării instalației pe termen nelimitat, practic fără supraveghere.

Reproductibilitatea unui ciclu curbiliniu este foarte bună, așa cum rezultă din figura 3, unde sînt reprezentate rezultatele experimentale realizate la momente diferite de timp. Acest lucru este încă o probă a stabilității de funcționare a unei asemenea instalații.

Din punct de vedere termodinamic ciclul curbiliniu este mai avantajos decît cel patrulater, deoarece la stocare, numai o cantitate infimă de căldură este furnizată la temperatura maximă T_1, iar la recuperare practic toată căldura poate fi obținută de către consumator al temperaturi mai mari decît T_2.

Ciclul curbiliniu este avantajos și pentru cinetica reacției metal-hidrogen. Viteza de reacție se uniformizează și, la o valoare dată a timpului de stocare și respectiv de recuperare, această viteză se poate diminua, ceea ce îmbunătățește concordanța între ea și transferul căldurii în hidrură, ce se realizează cu constante mai mari de timp impuse de caracteristicile materialului de stocare și ale elementului în care acesta e conținut.

Bibliografie

[1] Mihăilă, A. *Procedeu și instalație de stocare simultană sau alternativă a căldurii și a hidrogenului.* Brevet R.S.R., nr. 76 663.

[2] Mihăilă, A., Bilegan, I. C., Predica, A. *Rezultate experimentale obținute la stocarea căldurii și a hidrogenului cu ajutorul hidrurilor de fier-titan.* In: Energetica, 32, 1984, nr. 7, p. 319–324.

(Primit la 5 februarie 1985, acceptat la 8 martie 1985)

Considerații privind implementarea hidrocentralelor marine pe digurile de larg ale porturilor românești

Ing. Constantin Iulian, ing. Petru Dan Lazăr*

Descriptori : energetica valurilor ; instalații de conversie valuri ; centrală marină

Deși preocuparea omului de a folosi mișcarea valurilor datează din cele mai vechi timpuri, abia cu numai cîteva decenii în urmă problema convertirii forței hidraulice a valurilor în energie electrică a început să fie abordată într-o manieră modernă. Propunerile, inițiativele și realizările practice ale energeticienilor români, care vizează posibilitățile concrete de captare și conversie a energiei valurilor de vînt, se înscriu în contextul preocupărilor recente de valorificare superioară a tuturor resurselor de energie convenționale și neconvenționale, în vederea includerii lor în circuitul economic [1].

1. Aspecte ale potențialului energetic brut al valurilor, vîntului și radiației solare în largul Mării Negre

Marea Neagră a fost și este considerată o mare relativ calmă. Cu toate acestea, efectul valurilor ei asupra țărmului și îndeosebi asupra navigației nu a fost și nu poate fi neglijat.

În legătură cu potențialul energetic brut al valurilor de vînt datele puse în circulație de specialiștii Institutului de Meteorologie și Hidrologie, Institutului de Cercetări Hidrotehnice și Institutului Român de Cercetări Marine din Constanța nu sînt edificatoare, deci nu se știe încă exact de cîtă energie înmagazinată în valuri dispune țara noastră.

Cu toate acestea, estimările care s-au făcut în ultimul timp de Institutul Român de Cercetări Marine din Constanța, în special după realizarea platformei de foraj marin „Gloria", indică, la adîncimi mai mari de 25 m, valoarea de 54 500 kWh/m·an, pentru potențialul energetic brut și 8,30 kW/m pentru puterea medie specifică, la 25% calm. Pentru izobata de 9,00m potențialul energetic brut a fost evaluat la 15 500 kWh/m·an [1]. Cifrele pot fi luate în considerare pentru un prim calcul tehnico-economic orientativ.

Prin urmare, se poate susține că regimul valurilor este mult mai intens în larg decît în apropierea țărmului, în corelare cu variația intensității vîntului.

Particularitățile pe care le prezintă regimul vîntului și al valurilor din largul Mării Negre influențează decisiv alegerea procedeului de captare optim. Spre deosebire de factorii naturali favorabili amplasării centralelor electrice marine, întîlniți pe alte mări și oceane ale lumii, în anul mijlociu, frecvența vînturilor puternice pe Marea Neagră este de 38%, iar a celor cu viteza mai mică de 1,00 m/s este de 0,50%, vînturile dinspre larg fiind preponderente în comparație cu cele dinspre uscat, durata lor de acțiune însumînd circa 60% din durata de suflu a vîntului de pe litoral [2].

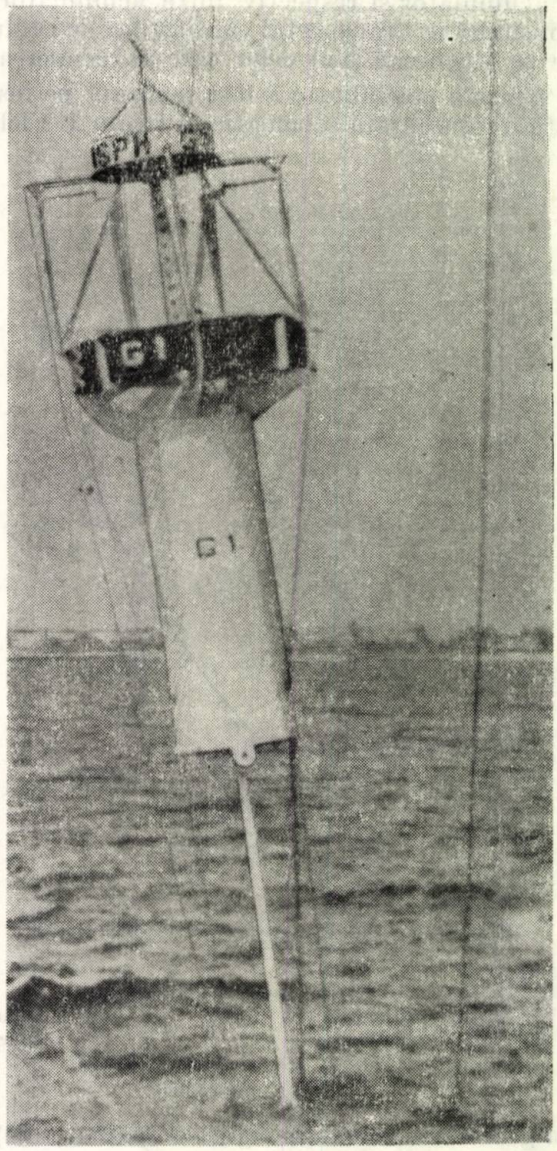


Fig. 1. Modelul primului experiment de valorificare a energiei valurilor din Marea Neagră — Mangalia 1983.

Intervalele de timp cu agitație maximă a mării sînt localizate în luna ianuarie, iar cele cu agitație minimă în lunile mai, iunie și iulie. Caracteristicile dinamice medii ale valurilor din Marea Neagră, obținute în urma unor

* Autorii sînt ingineri proiectanți principali la Institutul de Studii și Proiectări Hidroenergetice

îndelungate observaţii şi măsurători repetate, sînt modeste : înălţimea de 1,00 m, perioada de 4,50 s şi lungimea de undă de 28,70 m, 66 % fiind valuri de vînt în formare sau dezvoltare, iar restul de 34 % valuri de hulă în amortizare [2]. În privinţa înălţimii maxime, au fost evaluate prin calcul valuri de 9,80 m înălţime în timpul furtunii excepţionale care a afectat ţărmul românesc în lunile ianuarie şi februarie ale anului 1962.

În urma observaţiilor recente, efectuate în zona bazei experimentale a Institutului de Studii şi Proiectări Hidroenergetice de la Mangalia, pentru calculele preliminare considerăm că se poate adopta, pentru energia brută a valurilor, o valoare cu 4 — 5 % mai mare decît cea pusă în circulaţie de Institutul Român de Cercetări Marine din Constanţa, adică 57 000 kWh/m·an.

Energia valurilor teoretic utilizabilă nu cuprinde şi randamentul de conversie în energie electrică. Acesta, ca şi la energia vîntului, este variabil şi depinde de principalii parametri constructivi şi funcţionali ai instalaţiei adoptate. Pentru captatorul de energie a valurilor studiat şi recomandat pentru echiparea centralei electrice marine experimentale, valoarea randamentului global de captare-conversie se preconizează că va atinge 50 %.

În legătură cu potenţialul energetic brut al vîntului, în urma prelucrării şi interpretării datelor înregistrate în ultimii 20 de ani la staţiile meteorologice Constanţa-coastă şi Sulina-dig, s-a ajuns la concluzia că acesta depăşeşte 2 500 kWh/m²·an, la înălţimea de 10 m măsurată de la sol, şi creşte la aproape 3 700 kWh/m²·an la înălţimea de 45 m. Pentru aerogeneratorul de referinţă tip litoral, care are parametrii funcţionali şi constructivi situaţi în preajma valorilor optimizate, randamentul global de captare-conversie în punctul nominal nu depăşeşte 40 % [3].

Cu privire la potenţialul energetic brut al radiaţiei solare în largul Mării Negre, conform unor evaluări recente, acesta poate fi de circa 1 000 kWh/m²·an. Panourile prevăzute cu celule fotovoltaice, vizate pentru echiparea viitoarelor centrale electrice marine, au un randament scăzut, cuprins între 11 % şi 13 %.

2. Concepţii moderne de valorificare a energiei valurilor

Digurile de adăpostire a incintelor portuare maritime româneşti, precum şi cele de apărare a ţărmului împotriva agresiunii valurilor, sînt proiectate şi executate după concepţia digurilor gravitaţionale cu profil taluzat. Marele dezavantaj al acestei concepţii îl constituie modul inversat de repartiţie a materialului înglobat în dig faţă de repartiţia solicitării dinamice dată de valuri, adică cea mai mare cantitate de material este aşezată la baza digului unde solicitarea dinamică a valului este minimă.

Dacă pînă la adîncimi de 10 — 15 m acest dezavantaj nu are implicaţii economice importante, peste aceste adîncimi întreaga concepţie de proiectare a digurilor gravitaţionale cu profil taluzat poate fi pusă sub semnul întrebării. Amintim, în acest context, că la extinderea portului Constanţa, în zona izobatei de 22 m, digurile au atins la bază lăţimi de circa 110 m, în timp ce solicitarea din val, la această adîncime, este aproape nulă.

În alte ţări de pe glob, care beneficiază de ieşire la mare, pentru extinderea amenajărilor portuare spre adîncimi mari, s-au aplicat soluţii de dig gravitaţional diferite de cel cu profil taluzat. Putem cita digurile cu parament vertical, care la izobate de 20—25 m consumă numai 30 % din volumul materialului inclus într-un dig cu profil taluzat [4].

În afara digurilor gravitaţionale, atît pentru adăpostirea incintelor portuare maritime, cît şi pentru apărarea ţărmului împotriva agresiunii valurilor, se mai pot aplica şi alte soluţii constructive cunoscute : diguri încastrate în teren, diguri permeabile, diguri plutitoare, diguri hidraulice sau pneumatice etc.

O notă comună, caracteristică tuturor acestor diguri, este faptul că ele sînt special concepute să disipeze energia valurilor. Acest aspect, în neconcordanţă cu necesităţile generate de conjunctura energetică şi economică mondială, a stat la baza propunerii de schimbare a concepţiei de proiectare a digurilor de larg.

Porturile maritime româneşti fiind amenajate pe fund nisipos mobil cu panta foarte lină, care variază între 0,01 şi 0,002, principala problemă o constituie ajungerea la adîncimile cerute de pescajul navelor. Aceasta face ca reamenajările noastre portuare să aibă tendinţa ieşirii mult spre larg pentru asigurarea adîncimilor impuse de navigaţie. Spre exemplu, la extinderea portului Constanţa, pentru a obţine c suplimentare de 1,00 m a adîncimii, a trebuit să se iasă în larg cu circa 0,40 km în medie, dar au fost şi porţiuni în care pentru a cîştiga 1,00 m adîncime s-au construit 6 km de dig (între izobatele —14 şi —15 m).

Dacă ţinem seama de condiţia restrictivă a strîmtorii Bosfor, a cărei adîncime minimă este de 27 m şi dacă se doreşte ca orice navă care trece din Mediterana în Marea Neagră să poată intra în porturile româneşti, trebuie să se asigure în primul rînd această adîncime în incintele portuare, deziderat care se poate atinge la o depărtare de ţărm cuprinsă între 2,70 şi 13,50 km.

Pînă în prezent s-au executat două extinderi ale portului Constanţa şi c extindere a portului Mangalia. Cu toate acestea adîncimile acvatoriilor portuare sînt încă insuficiente cerinţelor moderne de navigaţie, trebuind să se atingă cel puţin adîncimea minimă a Bosforului de

astăzi, fără să se mai aibă în vedere posibilitatea dinamitării pragului submarin al strîmtorii care să permită trecerea unor nave cu pescaj sporit celor din prezent. În portul Constanța s-a ajuns abia la 20 m adîncime, iar în portul Mangalia la 11 m.

Dar nu numai din considerente de navigație trebuie să se construiască în continuare diguri, în cadrul acțiunii de extindere spre larg a porturilor maritime românești, ci și din considerente de apărare a coastelor.

Se știe că în zona capului Constanța tendința de înaintare a mării asupra uscatului este de circa 1,00 m/an [5], iar în sudul litoralului românesc, unde agresiunea asupra țărmului este și în prezent activă, viteza de înaintare a mării depășește 0,50 m/an. Eficiența unui eventual dig de apărare, amplasat la circa 8 km în largul capului Constanța, s-ar evidenția prin reducerea substanțială a cheltuielilor curente care se fac pentru protejarea țărmului. De exemplu, la un vînt cu viteza de 100 km/h, înălțimea valurilor formate în spatele digului ar ajunge de 5 ori mai mică decît a celor din față. Energia valurilor fiind proporțională cu puterea a doua a înălțimii lor, se poate calcula ușor că energia valurilor formate în spatele digului, care acționează distructiv asupra țărmului, ar fi de 25 de ori mai mică decît în cazul inexistenței digului menționat.

Prin urmare, atît din considerente de navigație, cît și din considerente de apărare costieră, sîntem constrînși să construim în continuare diguri în largul Mării Negre. Adăugînd la acestea considerentele economice, precum și nevoia acută de energie, putem admite că ne aflăm într-un moment favorabil analizei unei noi concepții de proiectare a digurilor, care promovează digurile de larg captatoare de energie, numite pe scurt și centrale-dig.

În legătură cu această nouă concepție se avansează unele aprecieri tehnico-economice, care pot deveni puncte de plecare pentru viitoarele studii de specialitate.

În primul rînd centralele-dig pot fi executate și pot funcționa în două variante :

1 — centrale-dig anexe protectoare la diguri sau la alte construcții existente ;

2 — centrale-dig înlocuitoare de diguri disipatoare de energie, la amenajări noi aflate în curs de proiectare sau în perspectivă de a fi proiectate.

În cazul primei variante, justificarea investiției s-ar face prin micșorarea sau eliminarea cheltuielilor de întreținere a digurilor, în general a construcțiilor existente pe care le protejează, precum și prin energia produsă de centrale. În cazul celei de-a doua variante, justificarea investiției s-ar face prin înlocuirea totală a digului obișnuit și prin energia produsă.

Din punctul de vedere al rezemării, centralele-dig pot fi împărțite în următoarele trei categorii :

1 — centrale-dig cu rezemare continuă (pe prism de piatră sau pe blocuri) ;

2 — centrale-dig cu rezemare pe coloane ;

3 — centrale-dig flotante (cu rezemare pe apă).

În cazul folosirii centralelor-dig ca anexe protectoare la diguri existente, pentru prinderea de construcția veche și pentru rezemarea lor parțială, se poate apela și la soluția radierului din beton armat turnat pe stabilopozi, o soluție nouă, ieftină, a cărei tehnologie a fost validată de curînd de specialiștii români.

În toate variantele există posibilitatea echipării centralei-dig cu instalații de concepție românească pentru valorificarea energiei valurilor, precum și cu instalații pentru valorificarea energiei vîntului și a energiei radiației solare.

Faptul că același personal de exploatare poate supraveghea cele trei tipuri de instalații de captare, că atunci cînd insolația este maximă, energia valurilor și energia vîntului sînt minime și invers, că o parte din echipamentul energetic al centralei poate fi folosit în comun de cele trei surse regenerabile conferă centralei marine, prevăzută cu instalații mixte, unele avantaje energetice.

Se știe că în acvatoriile mari, din cauza fetch-urilor* lungi, vîntul generează valuri care stinghereșc activitatea din port. Prezența, pe coronamentul digurilor, a unei baterii de aerogeneratoare sau a unui „baraj eolian" ar avantaja incinta portuară, în sensul că ar reduce mult formarea și dezvoltarea valurilor în spatele digurilor de adăpostire.

Toate acestea pledează pentru studierea captării integrale a celor trei surse regenerabile de energie (valuri, vînt și radiație solară) în cadrul centralelor electrice marine amplasate pe digurile de larg ale porturilor românești.

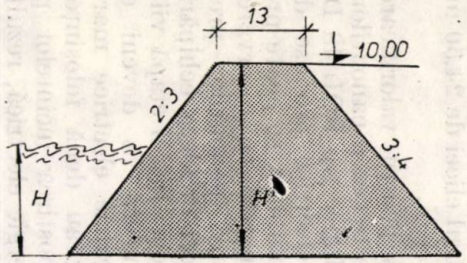
Se impune încă o precizare : la centralele-dig impactul dintre val și construcție este preluat elastic, în cea mai mare parte prin intermediul captatorului, care constituie o piesă de schimb, în timp ce la digurile obișnuite materialul rupt din construcție în urma impactului cu valul este tîrît la fund și pierdut definitiv.

Un prim pas în aprofundarea problemei, care vizează schimbarea concepției de proiectare a digurilor de adăpostire în sensul arătat mai sus, se face în continuare prin efectuarea unei comparații, din punctul de vedere al volumului de material inclus (piatră și beton), între trei profile de dig :

— varianta I : dig gravitațional cu profil taluzat, care stă la baza actualei concepții de proiectare ;

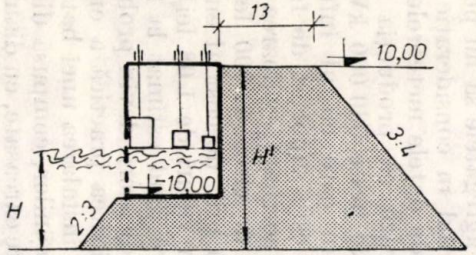
* Lungimea liberă de bătaie a vîntului la oglinda apei.

I. DIG GRAVITATIONAL CU PROFIL TALUZAT



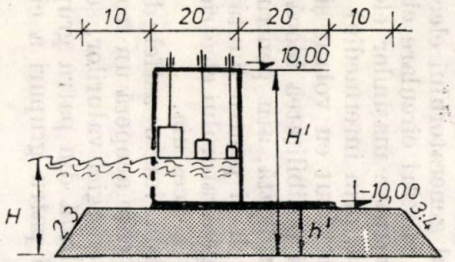
$$B_I = 13 + \frac{17\,H'}{6}$$

II. CENTRALĂ INCLUSĂ ÎN DIG GRAVITAȚIONAL CU PROFIL TALUZAT



$$B_{II} = 69{,}66 + \frac{17\,(H'-20)}{6}$$

III. CENTRALĂ-DIG REZEMATĂ PE PRISM DE PIATRĂ



$$B_{III} = 60 + \frac{17\,(H'-20)}{6}$$

H (m)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
H' (m)	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
B_I (m)	41,33	47,00	52,66	58,33	64,00	69,65	75,33	81,00	86,66	92,33	98,00	103,65	109,33	115,00	120,66	126,33
B_{II} (m)	–	–	–	–	–	69,66	75,33	81,00	86,66	92,33	98,00	103,66	109,33	115,00	120,66	126,33
B_{III} (m)	–	–	–	–	–	60,00	65,66	71,33	77,00	82,66	88,33	94,00	99,66	105,33	111,00	116,66
V_I (m^3/10m)	2716	3600	4500	5706	6930	8266	9716	11280	12955	14746	16650	18665	20796	23040	25395	27866
V_{II} (m^3/10m)	–	–	–	–	–	7107	8557	10120	11796	13586	15490	17506	19636	21879	24235	26706
V_{III} (m^3/10m)	–	–	–	–	–	2560	3816	5186	6670	8266	9976	11800	13736	15785	17950	20226
V_{II}/V_I	–	–	–	–	–	0,86	0,88	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,94	0,95	0,95	0,96
V_{III}/V_I	–	–	–	–	–	0,31	0,39	0,46	0,51	0,56	0,60	0,63	0,66	0,68	0,71	0,73

Fig. 2. Caracteristici ale diverselor tipuri de diguri de adăpostire.

— varianta a II-a : centrală inclusă în dig gravitaţional cu profil taluzat ;

— varianta a III-a : centrală-dig rezemată pe prism de piatră.

Prima variantă de dig a constituit varianta de referinţă pentru celelalte două variante [7].

În figura 2 sînt reprezentate schematic cele trei variante, iar în tabelul ataşat sînt menţionate două caracteristici cu implicaţii tehnico-economice mai importante şi anume lăţimea (B) la baza digului, care variază cu adîncimea (H) a apei, precum şi volumul (V) al materialului necesar pentru construirea unui tronson de dig în lungime de 10 m (piatră şi beton). În acelaşi tabel sînt înregistrate şi valorile rapoartelor V_{II}/V_I şi V_{III}/V_I pentru a putea evidenţia procentul de reducere de material pe care variantele a II-a şi a III-a îl realizează faţă de prima variantă, de referinţă.

Din acest tabel se poate observa că varianta „centrală inclusă în dig gravitaţional cu profil taluzat" (II) reduce pînă la 15 % din material, în timp ce varianta „centrală-dig rezemată pe prism de piatră" (III) reduce pînă la 70 % din materialul înglobat într-un dig proiectat în actuala concepţie. Aceste valori sînt valabile pentru diguri fundate în jurul adîncimii de 10 m. Pentru cele fundate la adîncimi de 20 m, reducerile sînt mai mici şi anume în varianta „centrală inclusă în dig gravitaţional cu profil taluzat" reducerea este de circa 5 %, iar în varianta „centrală-dig rezemată pe prism de piatră" reducerea este de circa 40 %.

Acestea sînt cele mai simple modificări posibile care se pot aduce concepţiei actuale de proiectare a digurilor, de care ar trebui să se ţină seama în realizarea viitoarelor amenajări hidrotehnice româneşti din largul Mării Negre.

3. Consideraţii asupra unor aspecte energetice şi economice

Desigur, pot fi studiate şi alte soluţii de dig mult mai avantajoase din punctul de vedere al consumului de material, dintre care digurile flotante captatoare de energie, numite şi centrale-dig flotante, par să constituie soluţia de viitor cea mai bună. Dar pentru că nu se pot face salturi prea mari în tehnologiile de execuţie, cel puţin variantele schiţate, din categoria centralelor-dig cu rezemare continuă, pot fi supuse studiului.

În ideea formării unei imagini cît mai clare asupra noţiunii de „centrală-dig" sau „centrală electrică marină", o vom aprofunda pe un exemplu concret, aflat în fază de studiu.

O soluţie posibilă pentru captarea practică a energiei valurilor este aceea prin intermediul unui captator plutitor care efectuează lucru mecanic util numai la coborîre sub acţiunea valului şi a greutăţii proprii.

În cadrul soluţiei de transformare a energiei primare în energie electrică, aptă a fi debitată în sistemul energetic naţional, s-a urmărit obţinerea, la axul generatorului electric de tip asincron, a unei mişcări circulare cît mai uniforme, corespunzătoare maşinilor electrice din fabricaţia curentă, prin intermediul unui regulator automat prevăzut cu volant şi frei. S-a avut în vedere şi posibilitatea blocării plutitorului în poziţie ridicată, atît pentru siguranţa echipamentului, cît şi pentru limitarea puterii debitate la axul generatorului electric, în limita puterii nominale a acestuia.

Puterea instalată într-o astfel de centrală electrică marină, care acoperă un front de 20m pentru captarea energiei valurilor, se apreciază la 120 kW, rezultată din patru grupuri a cîte 10 kW fiecare şi patru grupuri a cîte 20 kW fiecare (fig. 3).

Funcţionarea hidrocentralei marine fiind dependentă de starea de agitaţie a mării, este de aşteptat ca o perioadă de timp aceasta să lucreze cu toate agregatele, o altă perioadă de timp să lucreze numai cu agregatele mici, iar în perioadele de calm agregatele să nu poată fi puse în funcţiune. Luînd în consideraţie acest fapt şi ţinînd seama de datele meteorologice disponibile, se estimează că producţia de energie din valuri este de peste 560 000 kWh/an.

În condiţiile în care costul infrastructurii centralei marine este suportat de folosinţa de bază — apărare portuară, valoarea investiţiei specifice rezultă de circa 54 000 lei/kW, ceea ce conduce la un preţ de cost al energiei electrice produsă din valuri de 1,08 lei/kWh, timpul de amortizare fiind estimat la 25 de ani ; în caz contrar indicatorii devin prohibitivi [6].

Pentru valorificarea practică a energiei vîntului se propune instalarea unei baterii eoliene deasupra sălii maşinilor, compusă din cel puţin 14 aerogeneratoare carcasate, cu diametrul elicei de 3,00 m şi puterea instalată de 18,50 kW fiecare (fig. 3). S-a studiat şi alternativa echipării centralei electrice marine cu un grup aerogenerator tripal, denumit SAG 05 — tip litoral, cu diametrul elicei de 24,50 m şi puterea instalată de 200 kW.

Soluţia vizată pentru valorificarea energiei radiaţiei solare este cea a panourilor prevăzute cu celule fotovoltaice tip ROL 48 D. Deoarece costul energiei electrice produse din această sursă rezultă prohibitiv, se poate proiecta centrala electrică marină cu rezervare de spaţii pentru amplasarea panourilor prevăzute cu celule fotovoltaice, în ideea echipării centralei cu astfel de panouri într-o etapă viitoare, cînd preţul de producere va deveni competitiv.

Întrucît centralele electrice marine de pe digurile de larg au două folosinţe imediate, şi anume : adăpostirea incintelor portuare şi producţia de energie electrică, rezultă că valorificarea energiei valurilor devine rentabilă

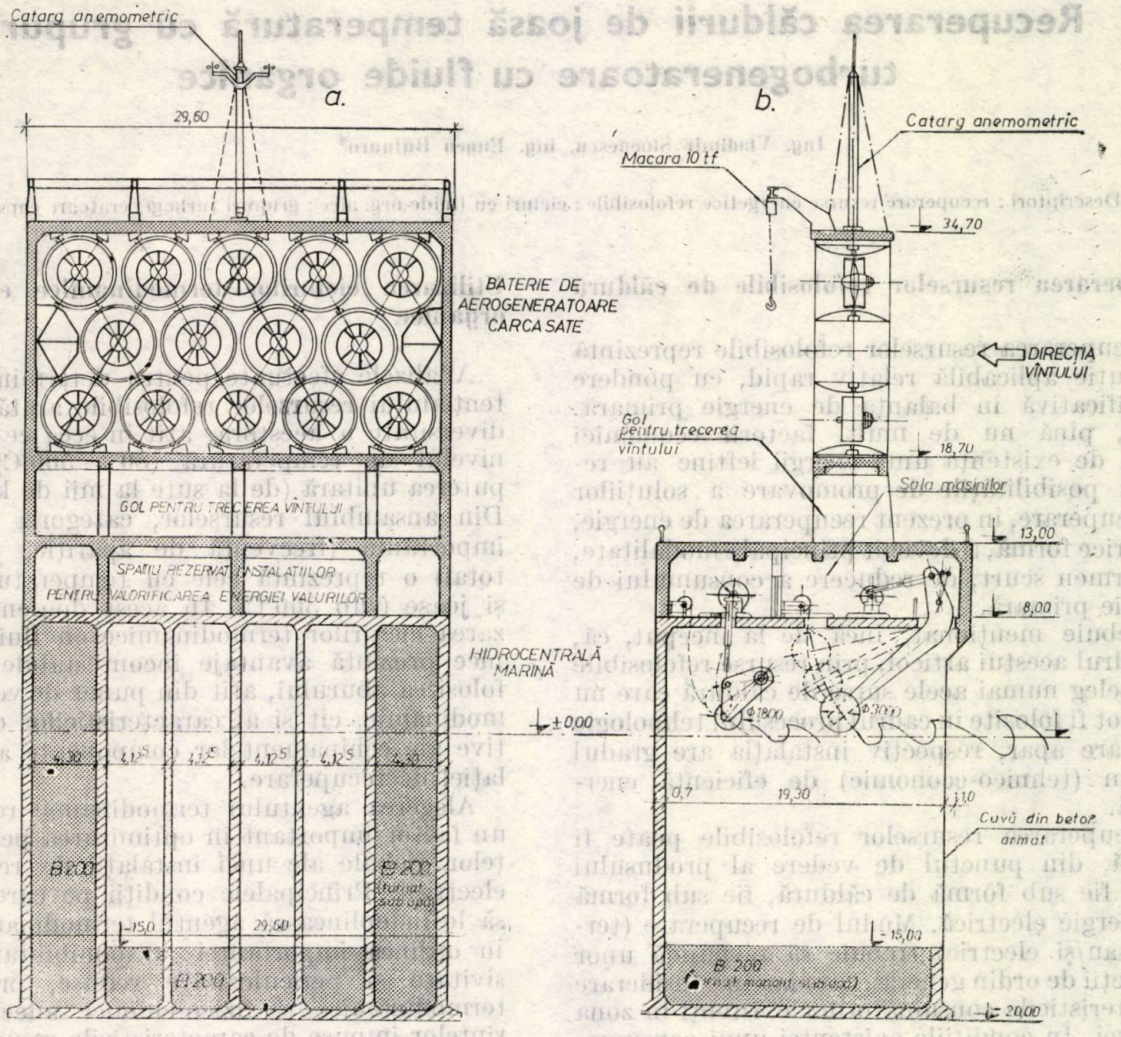


Fig. 3. Centrală electrică marină : a — secțiune longitudinală ; b — secțiune transversală.

numai dacă se schimbă actuala concepție de proiectare a digurilor de larg, în sensul realizării de diguri de larg alveolate, din beton armat, care să îndeplinească funcția digurilor gravitaționale cu profil taluzat, dar pe care să se poată amplasa și echipamente energetice. În aceste condiții rezultă firesc ca investiția pentru construcția propriu-zisă să fie amortizată din veniturile activității portuare (la fel ca pentru digurile clasice), iar cea pentru echipamentul energetic să fie amortizată din energia electrică produsă de centrala marină.

Bibliografie

[1] Iulian, C., Lazăr, D. P. *Energia valurilor — — captare și conversie.* Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1982.

[2] Bondar, C. *Considerații asupra potențialului energetic al valurilor Mării Negre pe litoralul românesc.* In : Studii și cercetări hidrologice, partea a II-a, vol. XLIV/3, București, 1975.

[3] Pavel, M. *Posibilități de valorificare a potențialului energetic eolian pe litoralul românesc în zona digurilor de larg.* Comunicare la sesiunile „Aspecte și preocupări noi privind valorificarea potențialului hidroenergetic al României", București, 13 noiembrie 1984 și „Utilizarea surselor noi de energie și a celor refolosibile", București, 27 — 28 noiembrie 1984.

[4] Ciortan, R. *Porturi maritime și fluviale.* Editura Tehnică, București, 1984.

[5] Cotovu, V. *Contribuții la studiul efectelor dinamice ale mării asupra coastelor românești și a lucrărilor de apărare.* In : Hidrotehnica, nr. 9/1958.

[6] Lazăr, D. P. *Concepții moderne de valorificare complexă a amenajărilor hidroenergetice marine.* Comunicare la sesiunea „Utilizarea rațională și eficientă a resurselor energetice ale țării", București, 6 — 8 decembrie 1984.

[7] Iulian, C. *Centrale-dig, o nouă concepție de proiectare a digurilor de adăpostire.* Comunicare la sesiunea „Utilizarea rațională și eficientă a resurselor energetice ale țării", București, 6 — 8 decembrie 1984.

(Primit la 1 februarie 1985, acceptat la 8 martie 1985)

Recuperarea căldurii de joasă temperatură cu grupuri turbogeneratoare cu fluide organice

Ing. Vladimir Stoenescu, ing. Eugen Butnaru*

Descriptori : recuperare resurse energetice refolosibile ; cicluri cu fluide organice ; grupuri turbogeneratoare capsulate

Recuperarea resurselor refolosibile de căldură

Recuperarea resurselor refolosibile reprezintă o soluție aplicabilă relativ rapid, cu pondere semnificativă în balanța de energie primară. Dacă, pînă nu de mult, factorii economici creați de existența unei energii ieftine au restrîns posibilitățile de promovare a soluțiilor de recuperare, în prezent recuperarea de energie, sub orice formă, a devenit principala modalitate, pe termen scurt, de reducere a consumului de energie primară.

Trebuie menționat, încă de la început, că, în cadrul acestui articol, prin resurse refolosibile se înțeleg numai acele surse de căldură care nu mai pot fi folosite în cadrul procesului tehnologic din care apar, respectiv instalația are gradul maxim (tehnico-economic) de eficiență energetică.

Recuperarea resurselor refolosibile poate fi făcută, din punctul de vedere al produsului final, fie sub formă de căldură, fie sub formă de energie electrică. Modul de recuperare (termic sau/și electric) trebuie să răspundă unor restricții de ordin general, care iau în considerare caracteristicile consumatorilor existenți în zona resursei. În condițiile existenței unui consumator de căldură, recuperarea termică este mai avantajoasă decît cea electrică, chiar și în cazul unor consumuri sezoniere. Este necesar însă, în cazul recuperării termice, să se compare nivelul termodinamic și puterea resursei cu necesitățile reale ale consumatorului, analizîndu-se posibilitatea introducerii unei trepte intermediare de recuperare electrică.

Aria de aplicabilitate a recuperării electrice a resurselor refolosibile este astfel delimitată la următorul domeniu : în zona resursei nu există un consumator termic sau diferența dintre potențialul resursei și cerințele consumatorului permite introducerea treptei de recuperare electrică. Acest domeniu nu este neglijabil, fiind caracteristic ramurilor industriale mari consumatoare de energie (petrochimie, metalurgie, ciment, sticlă etc.). Principalul avantaj al recuperării electrice îl reprezintă faptul că produsul rezultat este exergie pură, ușor de transportat, distribuit și utilizat sub orice formă de energie finală.

* Ing. Vladimir Stoenescu cercetător științific principal, ing. Eugen Butnaru cercetător științific la ICEMENERG — București.

Utilizarea ciclurilor termodinamice cu fluide organice

Analizele efectuate pentru determinarea potențialului resurselor refolosibile arată o mare diversitate a acestora, atît în ceea ce privește nivelul de temperatură (80 — 500°C), cît și puterea unitară (de la sute la mii de kilowați). Din ansamblul resurselor, categoria cea mai importantă (frecvență de apariție, potențial total) o reprezintă cele cu temperaturi medii și joase (sub 300°C). În acest domeniu, utilizarea ciclurilor termodinamice cu fluide organice prezintă avantaje incontestabile față de folosirea aburului, atît din punct de vedere termodinamic, cît și al caracteristicilor constructive ale echipamentelor componente ale instalației de recuperare.

Alegerea agentului termodinamic reprezintă un factor important în optimizarea performanțelor globale ale unei instalații de recuperare electrică. Principalele condiții pe care trebuie să le îndeplinească agentul termodinamic sînt, în ordinea importanței : disponibilitate, agresivitate și periculozitate reduse, proprietăți termodinamice și fizico-chimice adecvate cerințelor impuse de caracteristicile resursei, preț de cost scăzut. Din analizele comparative efectuate pentru diferiți agenți termodinamici a rezultat că, pentru domeniul resurselor refolosibile de joasă și medie temperatură (sub 250°C), respectiv al ciclurilor de joasă temperatură (pînă la 120 — 130°C), fluidul care îndeplinește cele mai multe din condițiile impuse este freonul 11 (R 11). A fost posibilă astfel trecerea la proiectarea unei instalații destinate recuperării, prin producere de energie electrică, a resurselor refolosibile de căldură de joasă și medie temperatură.

Determinarea parametrilor de funcționare a instalației

Determinarea parametrilor nominali (de proiect) este necesară atît pentru calculul performanțelor de ansamblu ale instalației, cît și pentru obținerea datelor de intrare pentru calculele de dimensionare și proiectare a echipamentelor componente.

Determinarea parametrilor nominali a urmărit corelarea a două aspecte diferite : termodinamic, în sensul optimizării parametrilor pentru obținerea, de la o resursă dată, a puterii

electrice nete maxime, şi constructiv, în sensul alegerii acelor valori ale parametrilor care să conducă la realizarea unor echipamente capabile să acopere, fără modificări tehnico-funcţionale majore, un interval cît mai larg de caracteristici de resursă.

Optimizarea termodinamică urmăreşte determinarea temperaturii (presiunii) maxime a ciclului termodinamic, astfel încît de la o resursă dată să se obţină puterea electrică maximă. Matematic, aceasta înseamnă a găsi maximul funcţiei :

$$\eta_{rec} = f(t_0, t_s) = P_e/Q_0,$$

în care :

η_{rec} este randamentul de recuperare ;

P_e — puterea electrică efectivă ;

Q_0 — puterea teoretic recuperabilă a resursei.

Puterea electrică efectivă fiind produsul dintre randamentul efectiv absolut al instalaţiei şi cantitatea de căldură recuperată real :

$$P_e = \eta_{ea} \cdot Q_r,$$

iar

$$Q_r = Q_0 \cdot \frac{t_s - t_{er}}{t_s - t_{et}},$$

unde :

t_s este temperatura resursei (intrare) ;

t_{er} — temperatura reală de evacuare a resursei ;

t_{et} — temperatura teoretică de evacuare a resursei (mediu ambiant), rezultă că randamentul de evacuare poate fi scris sub forma :

$$\eta_{rec} = k_u \cdot \eta_{ea},$$

în care :

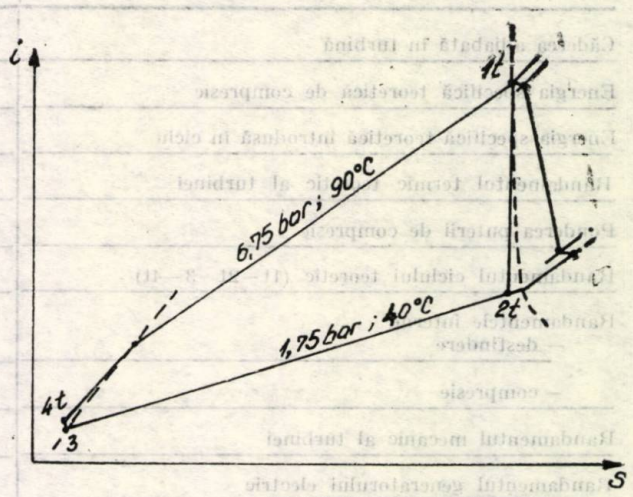
$k_u = (t_s - t_e)/(t_s - t_{et})$ reprezintă coeficientul de utilizare a resursei.

Maximul funcţiei $\eta_{rec} = f(t_0, t_s)$ se face grafo-analitic, prin trasarea curbelor de variaţie a funcţiilor $\eta_{ea} = f(t_0)$ şi $k_u = f(t_0, t_s)$, ţinînd cont de realizarea condiţiilor de schimb de căldură pentru sursa caldă şi sursa rece a ciclului.

Aplicarea acestei metode pentru ciclul cu vapori saturaţi de R 11, în condiţiile menţinerii temperaturii constante de condensaţie de 40°C, a arătat că, pentru majoritatea resurselor de joasă temperatură, temperatura superioară optimă a ciclului este cuprinsă între 80 şi 120°C. Analizele efectuate în paralel, pe de o parte asupra puterilor unitare de resurse, iar pe de altă parte asupra modificărilor tehnico-funcţionale implicate de variaţia temperaturii iniţiale asupra echipamentelor componente (în special motorul termic), au dus la concluzia că este posibilă realizarea unei instalaţii-tip care, cu relativ puţine modificări constructive, să permită recuperarea eficientă a majorităţii resurselor de căldură de joasă temperatură.

Caracteristicile de proiect pentru această instalaţie sînt :

— agent termodinamic : R 11 ;
— ciclu cu vapori saturaţi (Rankine), vaporizare la 90°C şi 6,65 bar, condensare la 40°C şi 1,75 bar (fig. 1) ;
— putere nominală : 300 kWe.



	1t	2t	3	4t
p (bar)	6,65	1,75	1,75	6,85
t (°C)	90	40	40	40,8
i (KJ/Kg)	434,5	411,1	235,34	235,68

Fig. 1. Ciclul termodinamic cu R 11.

Schema termică şi performanţele de funcţionare a instalaţiei

Schema termică de principiu a instalaţiei este prezentată în figura 2 (pe care sînt notate şi datele nominale de funcţionare a instalaţiei). Principalele echipamente componente sînt : recuperatorul-generator de vapori, grupul turbogenerator (turbină-generator electric-pompă de alimentare), condensatorul şi pompa de condens.

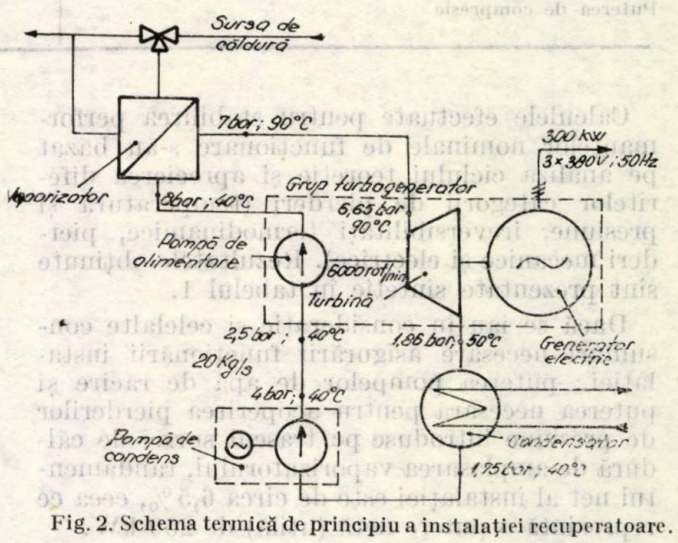


Fig. 2. Schema termică de principiu a instalaţiei recuperatoare.

Tabelul 1

Caracteristici nominale de funcționare

Parametri	Simbol	U.M.	Relație de calcul	Valoare
Căderea adiabată în turbină	h_t	kJ/kg	$i_{1t}-i_{2t}$	23,4
Energia specifică teoretică de compresie	h_c	kJ/kg	$i_{4t}-i_3$	0,34
Energia specifică teoretică introdusă în ciclu	q_1	kJ/kg	$i_{1t}-i_{4t}$	198,83
Randamentul termic teoretic al turbinei	η_t	—	h_t/q_1	0,1177
Ponderea puterii de compresie	ε_c	—	h_c/h_t	0,01453
Randamentul ciclului teoretic (1t—2t—3—4t)	η_{ct}	—	$\eta_t(1-\varepsilon_c)$	0,116
Randamentele interne — destindere	η_{it}	—		0,78
— compresie	η_{ic}	—		0,75
Randamentul mecanic al turbinei	η_{mt}	—		0,96
Randamentul generatorului electric	η_{ge}	—		0,9
Randamentul motoarelor electrice	η_{me}	—		0,85
Randamentul ciclului real	η_{cr}		$\frac{\eta_t(\eta_{it}-\varepsilon_c/\eta_{ic})}{1-\eta_t\,\varepsilon_c(1/\eta_{ic}-1)}$	0,0896
Randamentul brut al grupului turbogenerator	η_b	—	$\frac{\eta_t\cdot\eta_{it}\cdot\eta_{mt}\cdot\eta_{ge}}{1-\eta_t\varepsilon_c(1/\eta_{ic}-1)}$	0,0794
Randamentul efectiv absolut	η_{ea}	—	$\frac{\eta_t(\eta_{it}\cdot\eta_{mt}\cdot\eta_{ge}-\varepsilon_c/\eta_{ic}\cdot\eta_{me})}{1-\eta_t\varepsilon_c(1/\eta_{ic}-1)}$	0,0767
Puterea efectivă a instalației	P_e	kW		300
Puterea resursei (sarcina termică a vaporizatorului)	P_s	kJ/s	P_e/η_{ea}	3910
Puterea la bornele generatorului electric	P_{ge}	kW	$\eta_b\cdot P_s$	310,5
Sarcina termică a condensatorului	P_{cd}	kJ/s	$(1-\eta_{cr})P_s$	3560
Debitul de agent termodinamic (R 11)	D_f	kg/s	$P_{ge}(h_t\cdot\eta_{it}\cdot\eta_{mt}\cdot\eta_{ge})$	19,7
Puterea de compresie	P_c	kW	$D_f h_c/(\eta_{ic}\cdot\eta_{me})$	10,5

Calculele efectuate pentru stabilirea performanțelor nominale de funcționare s-au bazat pe analiza ciclului teoretic și aprecierea diferitelor categorii de pierderi (temperatură și presiune, ireversibilități termodinamice, pierderi mecanice și electrice). Rezultatele obținute sînt prezentate sintetic în tabelul 1.

Dacă se iau în considerație și celelalte consumuri necesare asigurării funcționării instalației: puterea pompelor de apă de răcire și puterea necesară pentru acoperirea pierderilor de presiune introduse pe traseul sursei de căldură de amplasarea vaporizatorului, randamentul net al instalației este de circa 6,5%, ceea ce reprezintă o putere netă (utilă) de 250 kW.

Concepția de realizare a grupului turbogenerator cu R 11

Dintre echipamentele componente ale instalației de recuperare grupul turbogenerator reprezintă, datorită rolului său funcțional, partea cea mai importantă a instalației. Concepția de realizare a grupului a urmărit rezolvarea următoarelor obiective: simplitate constructivă, fiabilitate maximă, minimum de sisteme auxiliare, protecție împotriva pierderilor de agent termodinamic și acoperirea unui interval cît mai mare de puteri cu schimbări minime de componente.

Concepția constructivă a urmărit realizarea unui ansamblu capsulat, toate componentele rotative fiind montate pe un singur ax și închise într-o carcasă, eliminîndu-se astfel cuplele și etanșările la arbore.

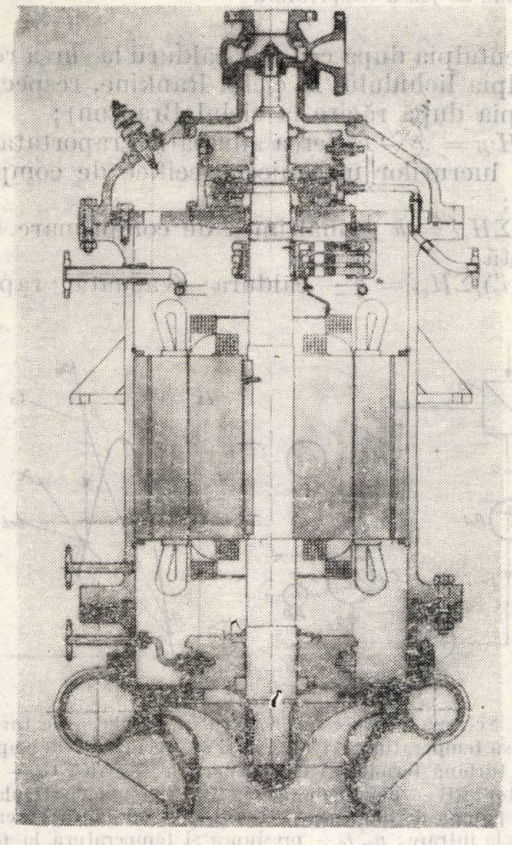


Fig. 3. Secțiune transversală prin grupul turbogenerator.

În figura 3 este prezentată o secțiune transversală prin grupul turbogenerator. Grupul funcționează cu axul vertical, pompa de alimentare și lagărul axial fiind montate la partea superioară, turbina la partea inferioară, iar generatorul electric montat central între cele două lagăre radiale. Ungerea și răcirea lagărelor, precum și răcirea generatorului electric sînt asigurate de agentul de lucru (R 11).

Amplasarea verticală a grupului permite drenarea gravitațională a lichidului de ungere-răcire în condensatorul amplasat sub grup și asigură o încărcare relativ mică a lagărelor radiale.

Principalele caracteristici constructive și funcționale ale grupului sînt următoarele :

— construcție ermetică, cu principalele componente într-o singură carcasă ;
— turbină : o singură treaptă, radial centripetă ;
— generator electric : asincron cu rotor bobinat, cu dublă alimentare, 3× 380 V, 50 Hz ;
— pompă de alimentare : centrifugă, o singură treaptă ;
— lagăre unse cu agent termodinamic (R 11) lichid ;
— generator electric răcit cu agent termodinamic (R 11) ;
— turația nominală : 6000 rot/min.

Concepția de realizare adaptată permite acoperirea următorului interval de parametri de funcționare :

— vaporizator : 80 — 120°C ; 5,275 — 12,4 bar ;
— condensator : 30 — 45°C ; 1,265 — 2,05 bar ;
— putere nominală : 150 — 1000 kW,

prin utilizarea a trei tipodimensiuni de turbină, generator electric și pompă de alimentare. Elementele comune pentru întreaga gamă de tipodimensiuni sînt : carcasa, axul grupului, lagărul axial și cele radiale, suporturile lagărelor.

Concluzii

Recuperarea resurselor refolosibile de căldură utilizînd grupuri turbogeneratoare cu agent organic (R 11) reprezintă o tehnologie eficientă de creștere a gradului de utilizare a surselor de energie primară. Instalațiile recuperatoare de acest tip sînt simple și sigure, putînd asigura, cu o gamă restrînsă de tipodimensiuni, un domeniu relativ larg de tipuri de surse. Datorită numărului mare de ore de utilizare (caracteristic proceselor industriale), instalațiile recuperatoare cu grupuri turbogeneratoare sînt eficiente chiar și în cazul unor investiții specifice mai mari decît în cazul instalațiilor electroenergetice clasice, putînd asigura economii de combustibil de ordinul a 1800 — 2000 t c.c./MWi·an.

Direcția de dezvoltare a tehnologiei de recuperare electrică a resurselor refolosibile și calculele prezentate fac parte din cercetările întreprinse în ICEMENERG pentru realizarea unei instalații tip model experimental cu grup turbogenerator cu freon 11.

Au fost realizate proiectele de execuție pentru principalele echipamente și instalații, din care o parte este deja în curs de fabricație.

Programul de cercetare prevede realizarea și punerea în funcțiune a instalației pentru experimentări de durată în cursul anului 1986.

(Primit la 1 februarie 1985, acceptat la 8 martie 1985)

Criterii pentru alegerea agenților de lucru la instalații de turbină de joasă temperatură

Dr. ing. Gheorghe Constantin Hobeanu, ing. Constantin Popescu*

Descriptori : agent de lucru ; instalație de turbină de joasă temperatură

Introducere

În domeniul temperaturilor medii (150—300°C) și joase ($t_0 = 80 \div 150$°C) se constată că instalațiile de turbine existente, destinate să transforme căldura în lucru mecanic, pot folosi ca fluide de lucru alți agenți decît vaporii de apă. Varietatea mare de soluții constructive impune stabilirea unor criterii care să coreleze performanțele instalației și apoi să permită, pentru fiecare caz în parte, alegerea corectă a fluidului de lucru. Lucrarea analizează ciclul teoretic, randamentele turbinei și instalației, iar în final investiția necesară. Se prezintă relații de calcul însoțite de aplicații numerice.

1. Natura fluidului și randamentul termic teoretic

Simplificările exagerate conduc frecvent la exprimarea randamentului η_t ca funcție exclusivă a temperaturilor t_0 de intrare în turbină, respectiv ieșire t_{ct}, ambele corespunzătoare destinderii adiabatice. De aici concluzia că natura fluidului de lucru, prin masa moleculară M (deci constanta gazului R) și exponentul adiabatic k (prin urmare și căldura specifică c_p) nu joacă nici un rol.

Pentru a evita astfel de interpretări care pot conduce la efecte economice defavorabile, se consideră definiția randamentului termic teoretic al instalației de turbină [1] :

$$\eta_{lt} = \frac{H_t - H_{ct}}{Q_{ct}} = \frac{x - 1}{x - h + q}, \qquad (1)$$

unde :

$i_0 - i_{ct} = H_t$ reprezintă căderea adiabatică în turbină :

i_0 — entalpia la intrare ;

i_{ct} — entalpia la finele destinderii teoretice (fig. 1).

$\Sigma H'_{ct} + \Sigma H''_{ct} = \Sigma H_{ct}$ — suma înălțimilor teoretice de comprimare ; indicele prim se referă la comprimări primare, adică asupra agentului de lucru (pompă de circulație, pompă de alimentare), iar cel secund la comprimări secundare, adică asupra fluidelor de răcire, exterioare conturului primar al instalației de turbină,

$i_0 - i_{at} = Q_{ct}$ — cantitatea de căldură consumată în procesul teoretic ;

$i''_c + \Sigma H'_{ct} = i_{at}$ — entalpia agentului de lucru la intrarea în generatorul de vapori ;

i''_c — entalpia după cedarea căldurii la sursa rece (entalpia lichidului la ciclul Rankine, respectiv entalpia după răcire la ciclul Brayton) ;

$H_t / \Sigma H'_{ct} = x$ — căderea adiabatică raportată la suma lucrurilor mecanice specifice de comprimare ;

$\Sigma H'_{ct} / \Sigma H_{ct} = h$ — înălțimea de comprimare raportată ;

$(i_{ct} - i'_c) / \Sigma H_{ct} = q$ — căldura evacuată, raportată.

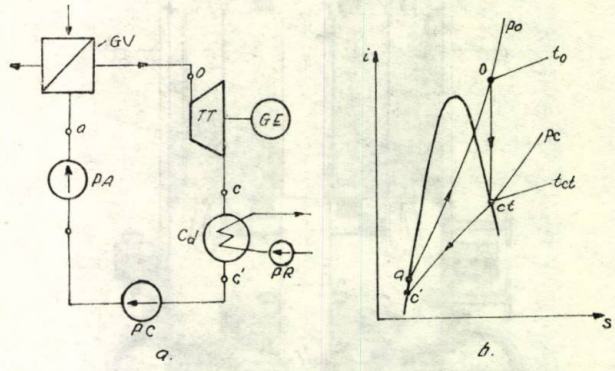


Fig. 1. Schema și procesul de lucru în instalația de turbină de joasă temperatură (ITJT) : a) GV — generator de vapori ; TT — turbină termică ; GE — generator electric ; C_d — condensator ; PR — pompă de răcire ; PC — pompă de circulație ; PA — pompă de alimentare ; b) p_0, t_0 — presiunea și temperatura la intrare ; p_c, t_c — presiunea și temperatura la finele destinderii teoretice.

Din relația (1) se constată că randamentul termic teoretic este funcție de trei mărimi adimensionale și anume :

a) raportul x care, pe lîngă temperaturile t_0, t_{ct}, este funcție atît de natura fluidului de lucru (R, c_p), cît și de tipul ciclului (Rankine, Brayton) ;

b) căldura evacuată raportată, q, care pe lîngă t_{ct}, R, c_p este funcție și de starea de agregare a agentului de lucru în timpul compresiei (lichidă sau gazoasă) ;

c) lucrul mecanic specific de comprimare raportat, h.

Fie cazul instalației cu $t_0 = 90$°C și $t_{ct} = 40$°C, $\Sigma H_{ct} = H_{cta}$ — lucru mecanic de comprimare în pompa de alimentare (compresor) și agenții de lucru din tabelul 1.

Efectuînd calculele se constată că între două niveluri termice date, t_0 și t_{ct}, randamentul termic teoretic, η_{lt}, diferă cu natura fluidului considerat.

De asemenea, la ciclurile cu compresie în fază lichidă (Rankine) valorile x și q sînt ridicate ($10^2 - 10^3$), în timp ce la ciclul cu compresie în fază gazoasă (Brayton) aceleași mărimi abia

* Dr. ing. Hobeanu Gheorghe Constantin este șef lucrări la Institutul Politehnic București, ing. Popescu Constantin — cercetător științific principal la ICEMENERG.

Tabelul 1

Variația randamentului termic teoretic (t_0=90°C, t_{ct}=40°C)

Agentul de lucru				Vapori de apă H_2O	Fluorinol 85 85% CF_3CH_2OH 15% H_2O F85	Freon 113 $C_2F_2Cl_3$ R 113	Freon 11 $CFCl_3$ R11	Vapori de amoniac, NH_3	Bioxid de carbon, CO_2
Mărimea	Notația	Formula	U.M.						
Temperatura critică	T_{cr}	[4] *	K	647,3	509,65	487,25	471,15	405,55	304,15
Temperatura de intrare raportată	T_{or}	T_0/T_{cr}	—	0,561	0,713	0,745	0,771	0,895	1,194
Presiunea la intrare în turbină	P_0	diag i*-s	bar	0,1314	1,599	3,444	6,865	29,72	99,91
Entalpia la intrare în turbină	i_0	diag. i-s	kJ/kg	2664,9	574,19	417,69	653,77	1802,4	300,19
Presiunea la finele destinderii	P_c	diag. i-s	bar	0,0726	0,2309	0,7780	1,7554	15,544	63,743
Entalpia la finele destinderii teoretice	i_{ct}	diag. i-s	kJ/kg	2564,4	510,39	396,82	629,65	1709,8	277,72
Presiunea după pompa de alimentare	P_a	$1,5p_0$	bar	0,1876	2,2379	4,8216	9,6105	41,604	99,910
Volumul specific înaintea comprimării	v'_c	tabele	dm³/kg	1,0080	1,0977	0,6540	0,6940	1,7260	—
Înălțimea teoretică de comprimare	H_{cta}	$v'_c\ \Delta p$*	kJ/kg	0,0112	0,2194	0,2645	0,5450	4,4941	18,014
Căderea raportată	x	(1)	—	8955,1	290,76	78,920	44,240	20,620	1,2470
Căldura evacuată raportată	q	(1)	—	214424	1938,4	605	322,2	244,9	1,6087
Randamentul termic teoretic	η_t	(1)	%	4,01	13,00	11,43	11,83	7,42	13,33

* Cu excepția bioxidului de carbon unde s-a utilizat diagrama $T-S$

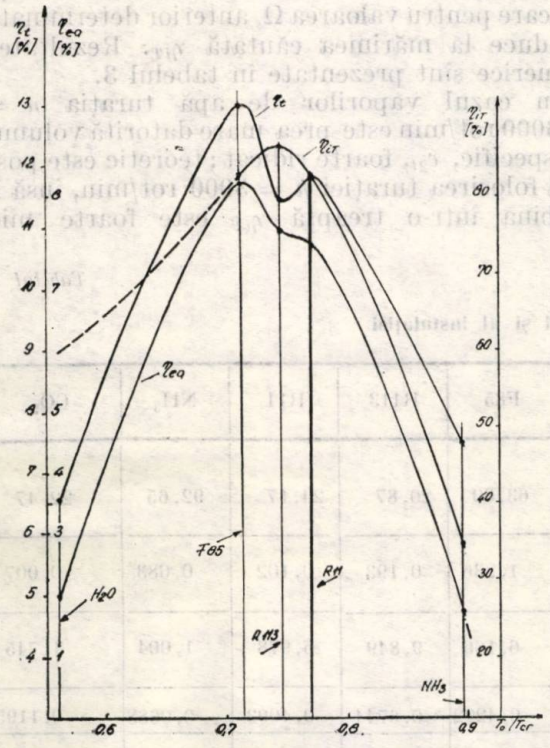


Fig. 2. Variația randamentelor cu natura agentului de lucru.

sînt ușor supraunitare; această observație este deosebit de importantă din punct de vedere practic, așa cum se explică mai departe.

2. Randamentul turbinei

Criteriul rapidității utilizat frecvent la turbomașinile hidraulice este aplicabil și turbinelor termice pentru căderi teoretice, H_t, moderate (de ordinul zecilor de kJ/kg). Din acest motiv este utilă definirea vitezei unghiulare specifice:

$$\Omega_s = \frac{\omega\,(D \cdot v_{2t})^{0,5}}{H_t^{3/4}}, \qquad (2)$$

unde:

ω este viteza unghiulară de rotație;

D — debitul masic;

v_{2t} — volumul specific la finele destinderii teoretice;

H_t — căderea teoretică (adiabatică).

Parametrul Ω_s influențează geometria treptei, în consecință și randamentul intern, η_{iT}, astfel încît există dependența [2]:

$$\eta_{iT} = f(\Omega_s). \qquad (3)$$

La treapta de turbină radial-axială această funcție se estimează cu ajutorul datelor înscrise în tabelul 2, care au la bază informația din lucrarea [3].

În domeniul temperaturilor joase ($t_0 = 80 \div 150$°C) căderile adiabatice H_t sînt mici, așa cum se constată și din calculele efectuate

Tabelul 2

Variația randamentului cu viteza unghiulară specifică

Ω_s	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,64	0,7
η_{iT}	0,293	0,527	0,695	0,794	0,848	0,869	0,870	0,867
$\Omega_s \sqrt{\eta_{iT}}$	0,0541	0,1452	0,2501	0,3564	0,4604	0,5593	0,5970	0,6518

(tabelul 1). Această observație, asociată cu cerințele de simplitate constructivă, impune realizarea turbinei într-o singură treaptă, deci puterea efectivă este dată de relația :

$$P_{eT} = \eta_{eT} DH_t,$$
$$\eta_{eT} = \eta_{iT} \eta_{mT}, \qquad (4)$$

unde :

η_{eT}, η_{mT} este randamentul efectiv, respectiv mecanic al turbinei.

La proiectarea unei instalații de turbină de joasă temperatură (ITJT) de obicei se cunosc temperaturile t_0, t_{ct}, puterea efectivă P_e, turația n, urmînd să se stabilească agentul de lucru ; urmează că volumul specific v_{2t}, căderea adiabatică H_t, viteza unghiulară ω și randamentul mecanic η_{mT} sînt mărimi date, iar debitul D și randamentul intern η_{iT} nu se cunosc. Eliminînd debitul între relațiile (2) și (4) rezultă :

$$\Omega_s \sqrt{\eta_{iT}} = K_p K_f = K, \qquad (5)$$

unde :

$K_p = \omega \sqrt{P_e/\eta_{mT}}$ reprezintă constanta temei de proiectare ;

$K_f = \sqrt{v_{2t}}/H_t^{1,25}$ — constanta proprietăților termofizice ale fluidului de lucru considerat.

Pentru exemplificare, fie turbina radial-axială cu puterea $P_e = 350$ kW, turația $n = 3000$ sau 6000 rot/min, $\eta_{mT} = 0{,}932$, care funcționează cu unul din agenții de lucru înscriși în tabelul 1, între temperaturile $t_0 = 90°C$; $t_{cl} = 40°C$; alegînd turația cea mai avantajoasă se cere determinarea randamentului intern η_{iT}.

Cu ajutorul mărimilor date se determină constantele K_p, K_f și K (tabelul 3).

Considerînd relația (3), ecuația (5) se poate rezolva în funcție de η_{iT} sau de Ω_s ; a doua cale este mai comodă, folosind o metodă grafică. Astfel, se reprezintă într-un sistem de axe $y - \Omega_s$ funcția din membrul sting al ecuației (5) pe baza datelor din tabelul 2, apoi, la intersecția cu dreapta $y = K$, se determină abscisa Ω_s în același sistem de axe se trasează funcția (3), care pentru valoarea Ω_s anterior determinată, conduce la mărimea căutată η_{iT}. Rezultatele numerice sînt prezentate în tabelul 3.

În cazul vaporilor de apă turația $n = 6000$ rot/min este prea mare datorită volumului specific, v_{2t}, foarte ridicat ; teoretic este posibilă folosirea turației $n = 3000$ rot/min, însă la turbina într-o treaptă η_{iT} este foarte mic.

Tabelul 3

Randamentul turbinei și al instalației

Mărimea	Simbol	Formula	U.M.	H_2O	F85	R113	R11	NH_3	CO_2
			Agentul de lucru						
Căderea teoretică	H_t	$i_0 - i_{ct}$	$\frac{kJ}{kg}$	100,5	63,80	20,87	24,17	92,65	22,47
Volumul specific la ieșire	V_{ct}	—	$\frac{m^3}{kg}$	~20	1,236	0,193	0,102	0,083	0,007
Constanta fluidului ($\times 10^3$)	K_f	(5)	$\frac{S^2 \cdot 5}{m\ kg\ 6,5}$	—	6,166	9,849	5,978	1,004	1,745
Constanta ecuației	K	(5)	—	—	0,4222	0,6744	0,4093	0,0688	0,1195
Viteza unghiulară specifică	Ω_s	(2)	rad.	—	0,453	0,724	0,445	0,117	0,170
Randamentul intern	η_{it}	(3)	%	59,8	82,6	86,3	82,2	33,5	46,2
Randamentul efectiv absolut	η_{ea}	(11)	%	1,95	8,70	7,92	7,75	1,65	—52,22

Creșterea η_{iT} necesită schimbarea soluției constructive și anume folosirea unei turbine axiale, cu mai multe trepte, care evident este mult mai scumpă. În cazul amoniacului este necesară o turație $n > 6000$ rot/min, ceea ce impune introducerea unui reductor, care mărește investiția și reduce fiabilitatea instalației.

Urmează concluzia că natura agentului de lucru influențează considerabil randamentul intern al turbinei dacă se impune numărul de trepte și turația (fig. 2). Trebuie precizat că $n = 3000$ rot/min permite folosirea generatorului electric obișnuit (frecvența $f = 50$ Hz), iar $n = 6000$ rot/min a unui generator electric cu două cîmpuri magnetice învîrtitoare în sens invers, păstrînd $f = 50$ Hz.

3. Randamentul efectiv absolut

Lucrul mecanic efectiv este micșorat atît de randamentul turbinei, cît și al pompelor (sau compresorului), astfel încît randamentul efectiv absolut are expresia:

$$\eta_{ea} = \frac{H_t\ \eta_{et} - \Sigma(H_{ct}/\eta_{ic})}{i_0 - i_a}\ \eta_{gv}\ \eta_{ge}, \qquad (6)$$

unde:

η_{gv} este randamentul generatorului de vapori;
η_{ge} — randamentul generatorului electric.

În cazul instalației fără recuperare de căldură se poate scrie:

$$Q_{ev} = i_{ct} - i'_c;\ i_a = i'_c + \Sigma(H'_{ct}/\eta'_{ic}), \qquad (7)$$

$$i_0 - i_a = i_0 - i_{ct} + i_{ct} - i_a = H_t - \Sigma(H'_{ct}/\eta'_{ic}) + Q_{ev})$$

unde:

Q_{ev} este căldura evacuată la sursa rece;
η'_{ic} — randamentul intern al compresiei.

Introducînd notațiile:

$$x_r = \frac{H_t}{\Sigma(H_{ct}/\eta_{ec})};$$

$$h_r = \frac{\Sigma\ (H'_{ct}/\eta'_{ic})}{\Sigma\ (H_{ct}/\eta_{ec})}; \qquad (8)$$

$$q_r = \frac{i_{ct} - i'_c}{\Sigma(H_{ct}/\eta_{ec})}$$

și ținînd seama de relația (7), se obține:

$$\eta_{ea} = \frac{x_r\ \eta_{et} - 1}{x_r - h_r + q_r}\ \eta_{gv}\ \eta_{ge}. \qquad (9)$$

De regulă, principalul consum de lucru mecanic are loc în pompa de alimentare (compresor); neglijînd în primă aproximație restul comprimărilor, adică considerînd $H_{ct} = H'_{ct} = H_{cta}$, relațiile (8) capătă forma:

$$x_r = x\eta_{ec};\ h_r = \eta_{mc};\ q_r = q\ \eta_{ec}, \qquad (10)$$

care înlocuite în (9) conduc la expresia:

$$\eta_{ea} = \frac{x}{x - 1/\eta_{ic} + q}\left(1 - \frac{1}{x\ \eta_{ec}\eta_{eT})}\right)\eta_{gv}\ \eta_{eT}\ \eta_{ge}. \qquad (11)$$

Dacă se definește randamentul serviciilor interne:

$$\eta_{si} = 1 - \frac{1}{x\ \eta_{ec}\eta_{eT}} \qquad (12)$$

și se introduce factorul ciclului termic

$$\eta_{ct} = \frac{x}{x - 1/\eta_{ic} + q}, \qquad (13)$$

atunci randamentul efectiv absolut devine:

$$\eta_{ea} = \eta_{ct} \cdot \eta_{si} \cdot \eta_{gv} \cdot \eta_{eT} \cdot \eta_{ge}. \qquad (14)$$

Aparent, această expresie este similară cu cea utilizată la instalațiile de turbine cu abur; în realitate există o diferență importantă determinată de așa-numitul randament al serviciilor interne, η_{si}. Astfel, în timp ce la instalațiile clasice $\eta_{si} = (0{,}90 - 0{,}97)$, la instalația de turbină de joasă temperatură (ITJT) această mărime are valori mult mai scăzute și chiar negative dacă:

a) temperaturile t_0 și t_{ct} sînt prea apropiate. În acest caz căderea adiabatică în turbină H_t este mică, deci căderea raportată x are valori scăzute; din acest motiv în domeniul ITJT se impune $t_0 - t_{ct} > 40°C$;

b) agentul de lucru este ales greșit, adică instalația funcționează după un ciclu Brayton sau după un ciclu Rankine în vecinătatea punctului critic; în ambele situații lucrul mecanic specific de comprimare H_{ct} este mare, deci raportul x este mic;

c) echipamentul utilizat, turbină, respectiv pompă (compresor), este de slabă calitate, respectiv randamentele efective η_{et} și η_{ec}, sînt coborîte $(0{,}5 \div 0{,}6)$;

d) schema reală conține un număr important de comprimări primare (pompe de circulație), respectiv secundare (pompe de răcire, ventilatoare), astfel încît $\Sigma H_{ct} \gg H_{cta}$, ceea ce micșorează considerabil căderea raportată x.

În consecință, la ITJT garanția obținerii unui efect util este echivalentă cu satisfacerea inecuației

$$x \cdot \eta_{ec} \cdot \eta_{eT} > 1. \qquad (15)$$

Exemplificarea relațiilor prezentate se poate face pe baza valorilor x, q și η_{itT} determinate anterior (tabelul 1, tabelul 3); în plus se consideră $\eta_{itc} = 0{,}75$, $\eta_{imc} = 0{,}9$, $\eta_{igv} = 0{,}98$; $\eta_{ige} = 0{,}87$. Aplicînd relația (11) se determină randamentul efectiv absolut η_{iea} înscris în tabelul 3; în cazul CO_2 valoarea obținută este negativă și de aceea nu a mai fost reprezentată în figura 2. Rezultatele numerice ilustrează atenția deosebită care trebuie acordată alegerii corecte a fluidului de lucru; natura acestuia se exprimă, în cazul de față, prin raportul T_0/T_{cr}, întrucît temperatura critică T_{cr} este funcție exclusivă de proprietățile componentelor structurale ale agentului de lucru considerat (relația Lydersen A.L. [4]).

4. Randamentul economic

Realizarea și exploatarea ITJT implică cheltuieli materiale, deci alegerea fluidului de lucru trebuie să cuprindă inevitabil și aceste aspecte. Este recomandabil ca analiza economică să fie efectuată folosind variabile adimensionale; în acest scop se introduce noțiunea de randament economic.

Se admite că fiecare proces termodinamic are un corespondent economic. Astfel, lucrului mecanic al turbinei îi corespunde valoarea producției V_p, lucrului mecanic consumat în decursul diferitelor comprimări — cheltuielile de exploatare C_{exp}, iar căldurii evacuate din ciclu, investiția anuală I_A. În consecință, urmărind forma relațiilor (6) și (9) se obține:

$$\eta_{iecn} = \frac{V_p - C_{exp}}{V_p - C_{exp} + I_A} = \frac{V_N}{V_N + I_A}, \quad (16)$$

unde:

$V_p - C_{exp} = V_N$ reprezintă venitul net anual al instalației;

$(1 + i_{CAS})\ I_T/t_{ra} = I_A$ — investiția anuală;

i_{CAS} — cota de amortizări sociale;

I_T — investiția totală;

t_{ra} — termenul de recuperare adoptat.

Cunoscînd randamentul economic se poate afla termenul de recuperare real, avînd în vedere că:

$$t_r = (1 + i_{CAS})\ I_T/V_N,$$

deci relația (16) devine:

$$t_r = \frac{1 - \eta_{iecn}}{\eta_{iecn}} t_{ra}. \quad (17)$$

Valoarea producției se calculează cu relația:

$$V_p = \dot{Q}_{sc}\ \eta_{iea}\ z_f\ c_E, \quad (18)$$

unde:

$\dot{Q}_{sc}$ este debitul de căldură furnizat de sursa caldă;

Z_f — timpul de funcționare în decursul unui an;

c_E — costul energiei electrice produse.

Cheltuielile de exploatare se determină cu relația:

$$C_{exp} = Z\ R_{ma} + C_f + y_e V_p, \quad (19)$$

unde:

Z este numărul persoanelor retribuite pentru exploatarea instalației;

R_{ma} — retribuția medie anuală;

C_f — costul fluidului de lucru pierdut din instalație în decursul unui an;

y_e — coeficientul cheltuielilor de întreținere și reparație (piese de schimb, materii, materiale, manoperă etc.).

Investiția totală, într-o formă simplificată, are expresia:

$$I_T = \frac{C_T + C_{sc}}{i_{TSC} \cdot i_{MFU} \cdot i_{FF}}, \quad (20)$$

unde:

$C_T = M_T\ C_{pT} = V_{tt}(9{,}57 - 0{,}94 V_{tt}) 10^3 c_{pT}$;

$V_{tt} = 0{,}625\ d_1^3$;

$C_{sc} = \Sigma S_i \delta_i \rho_i c_{ps}$;

$S_i = Q_i/K_i\ \Delta t_{mi}$,

unde:

C_T, M_T, c_{pT} reprezintă costul, masa și prețul de cost al turbinei;

V_{tt} — volumul teoretic al turbinei cu o singură treaptă;

d_1 — diametrul mediu la ieșirea din ajutaje;

C_{sc} — costul schimbătoarelor de căldură;

S_i, δ_i, ρ_i — suprafața, grosimea peretelui și densitatea materialului din care este confecționat schimbătorul;

c_{ps} — prețul de cost;

Q_i — cantitatea de căldură schimbată;

K_i, Δt_{mi} — coeficient global de transfer de căldură și diferența medie de temperatură;

i_{TSC} — cota-parte reprezentată de turbină și schimbătoarele de căldură din investiția în mașini de forță și utilaje I_{MFU};

i_{MFU} — cota-parte reprezentată de I_{MFU} din investiția în fondurile fixe I_{FF};

i_{FF} — cota-parte reprezentată de I_{FF} din investiția totală I_T.

În calcule economice se utilizează uneori și investiția specifică $I_s = I_T/P_e$.

Relația (19) se poate scrie sub forma :

$$C_{exp} = (Z_e + d_e + y_e)V_p,$$

deci randamentul economic devine :

$$\eta_{ecn} = \frac{K_p V_p}{K_p V_p + (1 + i_{CAS}) I_T / t_{ra}}, \quad (22)$$

unde :

$1 - Z_e - d_e - y_e = K_p$ — coeficientul de productivitate.

Expresia de mai sus evidențiază într-o formă clară principalii factori care influențează randamentul economic, și anume :

1) debitul sursei calde $\dot{Q}_{sc}$, deci puterea instalației $P_e = \eta_{ea}\dot{Q}_{sc}$;
2) randamentul efectiv absolut, η_{ea}, analizat anterior ;
3) timpul de funcționare, τ_f, determinat de :
   a) continuitatea în timp a debitului de căldură, $\dot{Q}_{sc}$;
   b) fiabilitatea instalației ;
4) costul energiei electrice produse, c_E ;
5) coeficientul de productivitate K_p funcție de :
   a) gradul de automatizare $1 - Z_c = 1 - ZR_{ma}/V_p$;
   b) pierderile raportate de fluid, $d_e = C_f/V_p$;
   c) coeficientul de întreținere și reparații y_e ;
6) cota de asigurări sociale, i_{CAS} ;
7) investiția totală, I_T ;
8) termenul de recuperare adoptat, t_{ra}.

Rezultă concluzia că pe lîngă randamentul efectiv absolut η_{ea}, randamentul economic η_{ecn} este funcție de încă nouă parametri ($\dot{Q}_{sc}, Z_f, c_E, Z_e, d_e, J_e, i_{CAS}, I_T, t_{ra}$), fiind în măsură să caracterizeze mai bine ITJT, la utilizarea unor agenți de lucru diferiți.

Pentru aplicații numerice se consideră constantele din tabelul 4, unde :

δ_{qv}, δ_c reprezintă grosimea peretelui suprafeței de schimb a generatorului de vapori, respectiv a condensatorului (inclusiv mantaua) ;

c_{pf} — prețul de cost al fluidului de lucru (agentul termic).

De asemenea, s-a considerat debitul sursei calde $\dot{Q}_{sc} = 5$MJ/s.

Calculele numerice s-au efectuat în tabelul 5, iar mărimile economice sînt reprezentate grafic în figura 3 ; se observă că investiția specifică și randamentul economic variază considerabil cu natura agentului de lucru.

Considerînd durabilitatea instalației $t_d = 20$ani la utilizarea ca agent de lucru a vaporilor

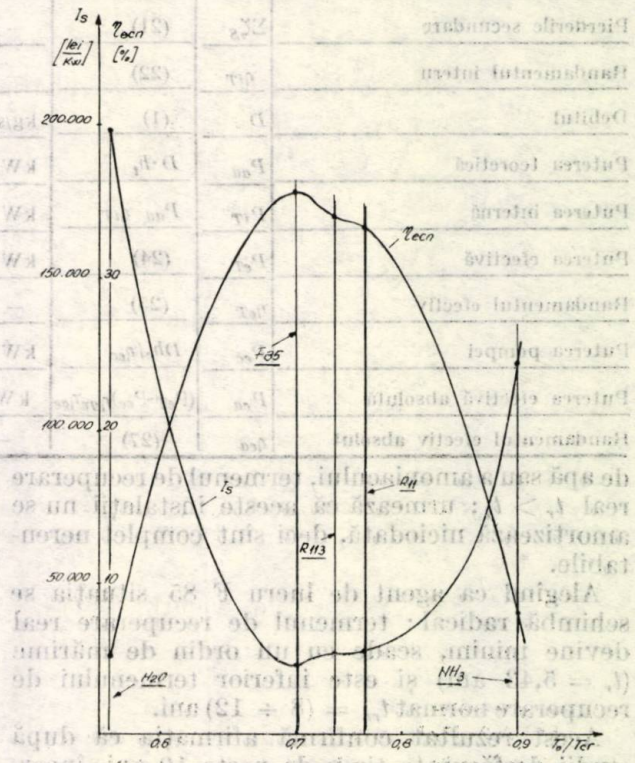


Fig. 3. Investiția specifică și randamentul economic funcție de agentul de lucru folosit în instalație.

Tabelul 4

Constante pentru calculul randamentului economic

Agentul de lucru / Mărimea	Simbolul	U.M.	H_2O	F85	R113	R11	NH_3
Grosimea medie a suprafeței	δ_{qv}/δ_e	mm/mm	3/3	4/2	5/3	5/3	6/6
Prețul de cost al fluidului	c_{pf}	lei/kg	1	300	15	15	7

τ_f	c_E	Z	P_{ma}	μ_e	ρ	c_{pT}	c_{ps}	i_{TSC}	i_{MFU}	i_{FF}	i_{CAS}	t_{ra}
ore/an	lei/kWh	pers.	lei/pers. an	—	kg/m³	lei/kg	lei/kg	—	—	—	—	ani
6500	1,0	3	40000	0,12	7890	150	30	0,60	0,51	0,97	0,15	3

Tabelul 5

Variația puterii și randamentului instalației cu temperatura de intrare

Mărimea	Notația	Relația de calcul	U.M.	Temperatura de intrare $[t_0'°C]$						
				52,82	58,20	68,40	79,20	88,69	100	110
Căderea teoretică	h_t	$i_0 - i_{ct}$	Kcal/kg	1,6592	2,3712	3,5695	4,7335	5,225	6,375	7,360
Gradul de reacțiune	ρ	$(i_{1t} - i_{ct})/h_t$	—	0,6774	0,6246	0,5410	0,4685	0,4368	0,4018	0,3920
Raportul de viteze	x_f	u_1/x_f	—	1,2874	1,0769	0,8854	0,7622	0,7014	0,6349	0,5910
Coeficientul de calitate al ajutajului	φ	$\varphi = \sqrt{1-\zeta_a}$	—	0,9515	0,9582	0,9680	0,9688	0,9611	0,9520	0,9435
Coeficientul de calitate al paletelor	ψ	$\psi = \sqrt{\varepsilon - \zeta_P}$	—	0,8007	0,8686	0,9007	0,9075	0,9084	0,9045	0,8971
Coeficientul pierdere prin energie cinetică	ζ_c	$\zeta_c = (c_2/c_{cf})^2$	—	0,2053	0,1176	0,0540	0,0292	0,0221	0,0269	0,0417
Randamentul periferic	η_u	(18)	—	0,7368	0,8342	0,9016	0,9204	0,9116	0,8848	0,8475
Pierderile secundare	$\Sigma\zeta_S$	(21)	—	0,3085	0,2057	0,1028	0,0771	0,0645	0,0508	0,0469
Randamentul intern	η_{iT}	(22)	—	0,0981	0,5311	0,7988	0,8432	0,8471	0,8340	0,8006
Debitul	D	(1)	kg/s	6,318	8,424	12,64	16,85	21,06	27,49	32,19
Puterea teoretică	P_{ad}	$D \cdot h_t$	kW	43,89	83,63	188,8	333,9	460,7	733,7	991,9
Puterea internă	P_{iT}	$P_{ad}\ \eta_{iT}$	kW	23,31	56,87	150,9	281,6	390,3	611,9	794,2
Puterea efectivă	P_{eT}	(24)	kW	−8,02	25,53	119,5	250,2	359,0	580,6	762,8
Randamentul efectiv	η_{eT}	(25)	—	−0,183	0,305	0,633	0,749	0,779	0,791	0,769
Puterea pompei	P_{ec}	Dh_c/η_{ec}	kW	1,133	2,059	4,964	9,353	15,40	27,52	38,78
Puterea efectivă absolută	P_{ea}	$(P_{eT}-P_{ec})\eta_{gv}\eta_{ge}$	kW	−7,624	19,55	95,41	200,6	286,2	460,7	603,1
Randamentul efectiv absolut	η_{ea}	(27)	—	−6,62	1,25	3,97	6,11	6,91	8,33	9,14

de apă sau a amoniacului, termenul de recuperare real $t_r > t_a$; urmează că aceste instalații nu se amortizează niciodată, deci sînt complet nerentabile.

Alegînd ca agent de lucru F 85 situația se schimbă radical: termenul de recuperare real devine minim, scade cu un ordin de mărime ($t_r = 5{,}43$ ani) și este inferior termenului de recuperare normat $t_{rn} = (8 \div 12)$ ani.

Acest rezultat confirmă afirmația că după studii desfășurate timp de peste 10 ani, încercînd sute de fluide, s-a constatat că F 85 are proprietățile cele mai bune [5]. Pe de altă parte, în domeniul temperaturilor joase se poate utiliza și freon 113 sau freon 11 (perfect stabili în domeniul temperaturilor $t_0 \leqslant \leqslant 107°C$), deoarece permit performanțe economice apropiate de fluorinol 85 (F 85).

Concluzii

Randamentul termic teoretic nu oferă informații asupra consumului real al serviciilor interne și prin urmare nu poate fi utilizat drept criteriu pentru alegerea agentului de lucru.

În domeniul temperaturilor joase $t_0 \in [80 - -150]°C$ este exclusă utilizarea ciclurilor cu compresie în fază gazoasă, întrucît randamentul efectiv absolut este foarte scăzut sau chiar devine negativ; din acest motiv temperatura critică, t_{ct}, a fluidului de lucru trebuie să depășească de cîteva ori temperatura sursei reci t_{ct}.

Un criteriu de selecție cuprinzător îl constituie randamentul economic; determinarea acestei mărimi necesită analiza detaliată a întregii instalații.

Alegerea arbitrară a agentului de lucru poate avea consecințe economice nefavorabile; eliminarea importurilor (F 85, R 113, R 11) necesită cercetarea cuprinzătoare, pe baza metodicii propuse, a fluidelor disponibile, de fabricație indigenă.

Bibliografie

[1] Hobeanu, Gh. C-tin. *Variația randamentului cu proprietățile fluidului de lucru la instalația de turbine cu nivele termice scăzute.* In: Educație, economie, energie, vol. III, Cluj-Napoca, 1983, p. 77.

[2] Hobeanu, Gh. C-tin. *Particularitățile turbomașinilor termice utilizate în valorificarea temperaturilor mici și mijlocii.* In: Construcția de mașini, 35 (1983), nr. 1, p. 17—20.

[3] Dixon, S. L. *Fluid Mechanics, Thermo-dynamics of Turbomachinery.* Pergamon Press, 1975.

[4] Reid, C. R. ș.a. *The Properties of Gases and Liquids.* Mc Graw — Hill Book Company, 1977.

[5] Hirakawa, V. ș.a. *14 MW ORC plant installed at Nippon Steel.* In: Modern Power Systems, 1982, mai, p. 45—49.

[6] Pavel, E. *Analiza comparativă a agenților termodinamici folosiți la recuperarea pierderilor de căldură cu potențial scăzut, din procese industriale.* În: Energetica, 31, 1983, nr. 5, p. 224—229.

(Primit la 1 februarie 1985, acceptat la 8 martie 1985)

Ing. Emil Chirica
1925 — 1985

Prin dispariția prematură la 1.02.1985 a inginerului Emil Chirica marea familie a pionierilor electrificării țării noastre pierde unul din reprezentanții săi de seamă, iar Institutul de Studii și Proiectări Energetice (ISPE), în care și-a desfășurat cei 35 de ani de activitate — pe unul dintre proiectanții săi de elită și un veteran al institutului, de la înființare.

Un mare număr de instalații electrice de înaltă și foarte înaltă tensiune realizate pe întreg teritoriul României sînt o mărturie vie a muncii, priceperii și dăruirii sale de o viață.

Pentru energeticienii din țara noastră marile stații electrice de transformare de înaltă și foarte înaltă tensiune de la Arad, Pitești, Paroșeni, Sibiu, Alba-Iulia, Cluj, Tg. Mureș, Govora, Craiova, București-Est, Gura Ialomiței, Vaslui, Iași, Suceava și multe altele sînt indisolubil legate de numele său.

În amintirea celor care l-au cunoscut, inginerul Emil Chirica întruchipează deopotrivă pe specialistul care concepea cu talent, migală și simț de răspundere ingenioase soluții inginerești, dar și pe omul de o deosebită delicatețe sufletească.

Prin dispariția sa, activitatea de proiectare din domeniul energeticii pierde un specialist de valoare, profund devotat meseriei pe care și-a ales-o.

СОДЕРЖАНИЕ

КЭЛИН МИХЭИЛЕАНУ: Новые источники энергии в области энергетики 193

ИОАН АНТОН, ГЕОРГЕ ВОЙКУ, ФРАНЧИС ГЮЛАЙ, КОРНЕЛ АЛБУ: Концепция о ветровой турбине 1000 квт в энергетике источников неклассического типа 194—201

КОНСТАНТИН ПОПЕСКУ, ШТЕФАН МАРИН, ИОАН ТУРКУ, МИХАЙ ЛАУРИК: Экспериментальные гелиостаты для солнечных электрических станций 201—207

КОНСТАНТИН ПОПЕСКУ, ДОРИН МАРЧЕЛ ПОТЛОГ: Определение потерей мощности, появленных в результате систематических отклонений от позиций гелиостатов в башенной солнечной электрической станции 207—210

РАДУ САВУЛИАН, ЛУДМИЛА ЦЫНЦЭРЕАНУ: Автоматическая ориентировка гелиостатов в башенной солнечной электрической станции 210—213

ДОЙНА МОРАРУ, МИРЧЯ СТОЯН, ВИКТОР ТЕОДОРЕСКУ, МИРЧЯ ДРЭГАН, МАРИАН БЫКУ-КОЛФЕСКУ: Вопросы о проектировании первой солнечной теплоэлектростанции в горах Румынии 214—216

АЛЕКСАНДРУ МИХЭЙЛЭ, АДРИАНА ПРЕДИКА, АДРИАН БУДАКУ: Реальные циклы работы установки по химической аккумулировке тепла 216—219

КОНСТАНТИН ЮЛИЯН, ПЕТРУ ДАН ЛАЗЭР: Соображения по вопросу сооружения морских гидроэлектростанций на береговых дамбах румынских портов 220—225

ВЛАДИМИР СТОЕНЕСКУ, ЭУДЖЕН БУТНАРУ: Использование низкотемпературного тепла в турбинах работающих с органическим тепловым агентом 226—229

ГЕОРГЕ КОНСТАНТИН ХОБЕАНУ, КОНСТАНТИН ПОПЕСКУ: Критерия выбора рабочих агентов в низкотемпературных турбинных установках 230—236

INHALTSVERZEICHNIS

CĂLIN MIHĂILEANU: **Neue Energiequellen in der Übergangsenergetie** 193

IOAN ANTON, GHEORGHE VOICU, FRANCISC GYULAI, CORNEL ALBU: **Die Bauart der 1000 kW Luftgeneratorgruppe — technisches Spitzenziel in der Energiewirtschaft der nichtkonventionellen Quellen** 194—201

CONSTANTIN POPESCU, ŞTEFAN MARIN, IOAN TURCU, MIHAI LAURIC: **Experimentelle Heliostate für das solarelektrische Kraftwerk** 201—207

CONSTANTIN POPESCU, DORIN MARCEL POTLOG: **Die Bestimmung der durch systematische Positionsabweichungen eingeleiteten Leistungsverluste bei den Heliostaten eines solarelektrischen Turm-Kraftwerkes** 207—210

RADU SAVULIAN, LUDMILA ŢÎNŢĂREANU: **Die automatische Orientierung der Heliostate bei einem solarelektrischen Turm-Kraftwerk** 210—213

DOINA MORARU, MIRCEA STOIAN, VICTOR TEODORESCU, MIRCEA DRĂGAN, MARIAN BĂCU-COLFESCU: **Aspekte bei der Projektierung des ersten solarthermischen Kraftwerkes errichtet in Rumänien** 214—216

ALEXANDRU MIHĂILĂ, ADRIANA PREDICA, ADRIAN BUDACU: **Reelle Betriebszyklen einer chemischen Wärmespeicherungsanlage** 216—219

CONSTANTIN IULIAN, PETRU DAN LAZĂR: **Betrachtungen über die Errichtung der Seekraftwerke auf den Wellenbrecher der rumänischen Hafen** 220—225

VLADIMIR STOENESCU, EUGEN BUTNARU: **Die Rückgewinnung der Wärme niedriger Temperatur anhand von Turbosatzgruppen mit organischen Fluiden** 226—229

GHEORGHE CONSTANTIN HOBEANU, CONSTANTIN POPESCU: **Kriterien zur Auswahl der Arbeitsstoffe bei den Tieftemperaturturbinen-Anlagen** 230—236

SOMMAIRE

CĂLIN MIHĂILEANU: **Les nouvelles sourses d'énergie dans l'énergétique de transition** 193

IOAN ANTON, GHEORGHE VOICU FRANCISC GYULAI, CORNEL ALBU: **La conception du groupe aérogénérateur de 1000 kW, objectif technique performat dans l'énergétique des sources nonconventionnelles** 194—201

CONSTANTIN POPESCU, ŞTEFAN MARIN, IOAN TURCU, MIHAI LAURIC: **Héliostates expérimentaux pour la centrale solaire électrique** 201—207

CONSTANTIN POPESCU, DORIN MARCEL POTLOG: **Détermination des pertes de puissance dues aux déviations sistémiques du positionnement des héliostates d'une centrale solaire électriqur à tour** 207—210

RADU SAVULIAN, LUDMILA ŢÎNŢĂREANU: **L'orientation automatique des héliostates d'une centrale solaire à tour** 210—213

DOINA MORARU, MIRCEA STOIAN, VICTOR TEODORESCU, MIRCEA DRĂGAN, MARIAN BĂCU-COLFESCU: **Aspects concernant la projection de la première centrale solaire thermique située dans une région montagneuse de la Roumanie** 214—216

ALEXANDRU MIHĂILĂ, ADRIANA PREDICA, ADRIAN MARCU: **Cycles réels de functionnement d'une installation de stockage chimique de la chaleur** 216—219

CONSTANTIN IULIAN, PETRU DAN LAZĂR: **Considérations concernant l'implementation des hydrocentrales marines sur les môles des portes roumains** 220—225

VLADIMIR STOENESCU, EUGEN BUTNARU: **Récupération de la chaleur à temperature basse à l'aide des groupes turbo-générateurs à fluides organiques** 226—229

GHEORGHE CONSTANTIN HOBEANU, CONSTANTIN POPESCU: **Critères pour la sélection des agents actifs pour les installation de turbine à température basse** 230—236

SUMMARIES

CĂLIN MIHĂILEANU: **New Energy Sources in the Transition Energetics** 193

DC 621.411.24.001.1.

IOAN ANTON, GHEORGHE VOICU, FRANCIS CGYULAI, CORNEL ALBU: **The Conception of the 1000 kW Wind Generator Unit — Technical Peak Objective in the Nonconventional Sources Energetics in Romania**

Starting from the own experience gained with the design of medium wind power units and from some worldwide acquired reference achievements the conditions to build a 1 MW aerogenerator unit in Romania are analyzed. Thus, the identification of the main components, the assembly's structurale conception, the general construction conditions and restrictions, the dimensioning elements, including the task evaluation are presented.

At the same time the location of the experimental pilot in the Sulina area is proposed as being one of the most favourable from the wind power point of view.

[*Energetica 33 (1985), nr. 5, p.* 194—201]

DC 621.311.26 :662.997

CONSTANTIN POPESCU, ŞTEFAN MARIN, IOAN TURCU, MIHAI LAURIC : **Experimental Heliostats for the Solar Electric Plant**

The first part of the paper contains a general presentation of the 41 and 46 m² experimental heliostats built by the Energy Research and Modernizing Institute within the researches carried out for the experimental 1000 kWe solar plant.

Further, their components are analysed : the reflecting surface, the actuating mechanism, the resistance structure etc.

Focalizing and aiming precision problems for heliostats are treated as well. The performances obtained as a result of preliminary experiments are shown and finally after concluding the long—duration tests the definitive characteristics of these equipments will be set up.

Energetica 33 (1985), nr. 5, p. 201—207]

DC 621.311.26 :662.997

CONSTANTIN POPESCU, DORIN MARCEL POTLOG : **The Determination of Power Losses Due to the Systematic Positioning Deviations of the Heliostats at a Solar Power Plant With Tower**

The paper presents the simplified calculation method of [he power losses due to the ,,aiming'' imprecision of the heliostats at a solar power plant with tower. The method enables the analysis of the losses distribution depending on the heliostat's position in the field.

[*Energetica 33 (1985), nr. 5, p.* 207—210]

DC 621.311.26 :662.997

RADU SAVULIAN, LUDMILA ŢÎNŢĂREANU : **The Automatic Heliostats Positioning at a Solar Tower Power Plant**

The main function of the automatic heliostats' positioning at a solar plant is to control the position of every heliostat thus that the solar radiation collected by the collectors' field should be concentrated in the receptor boiler cavity. The auxiliary functions which are to be carried out by same system are : the rapid defocalizing of the heliostats' field for the boiler's protection, the providing of special courses for every heliostat, etc.

The paper contains an analysis of the heliostat's field characteristics from the point of view of the automatic positioning system ; the main problems of the control algorithm are presented as well as the configuration of the automatic heliostats' positioning system provided only with home-made equipment.

[*Energetica 33 (1985), nr. 5, p.* 210—213]

DC 621.311.26.001.1.

DOINA MORARU, MIRCEA STOIAN, VICTOR TEODORESCU, MIRCEA DRĂGAN, MARIAN BĂCU-COLFESCU : **Aspects Regarding the Design of the First Thermal Solar Plant Installed in Romania**

The paper treats general aspects, the thermal mechanical scheme, operation regimes and technical and economic indicators referring to the first thermal solar plant installed in Romania, at Voineasa, Vilcea district, consisting from a 470 solar cylindrical-parabolic collectors' field with a total collector surface of 95 mp, wich is to supply annually about 360 Gcal.

[*Energetica 33 (1985), nr. 5, p.* 214—216]

DC 621.311.26 :621.187.142.

ALEXANDRU MIHĂILĂ, ADRIANA PREDICA, ADRIAN BUDĂCU : **Real Operation Cycles at a Chemical Heat Storage Installation**

The chemical storage method is based on the use of the reaction heat discharged during the formation and decomposition of a hydride. The laboratory model of a chemical heat storage installation from FeTi hydride is in operation with the Energy Research and Modernizing Institute since 1983. A possible storage recovery cycle for the temperature range 100 — 50°C is represented by a quadrangle in the Van't Hoff diagram. A curvilinear operation cycle has been also achieved, wich has the advantage of enabling the installation's operation on the hydrogen side without any element in motion, an essential premise for the reliability of such equipment types. This fact enables the complete automation and the operation of some installations built according to this principle, on a practically unlimited term, survey-free, but which reduce to a certain extent the specific storage capacity of the used hydride.

[*Energetica 33 (1985), nr. 5, p.* 216—219]

DC 621.311.25 :621.483

CONSTANTIN IULIAN, PETRU DAN LAZĂR : **Considerations Regarding the Implementation of Marine Hydropower Plants one the Moles of Romanian Harbours**

Since, on considerents connected to navigation and shore protection, we are forced to build off-shore moles in the Black Sea, and these are designed and carried out at present by the conception of gravitational slope moles, with important economic disadvantages as well as determined by the acute energy need, the paper presents an analysis of the moles' design conception promoting the off-shore energy collecting moles.

[*Energetica 33 (1985), nr. 5, p.* 220—225]

DC 621.311.25 :66.012

VLADIMIR STOENESCU, EUGEN BUTNARU : **The Recovery of Low Temperature Heat with Organic Fluids Turbogenerator Units**

The use of recoverable low and medium temperature resources (under 300°C), important in what regards the potential and occurence frequency, located mainly with the energy intensive industries (chemistry, metallurgy, building materials) represents a method to decrease primary energy consumptions.

A recovery possibility is the generation of electrical energy using organic fluids turbogenerator units.

The thermal dynamic optimization method for the recovery installation is presented as well as the rated operation performances calculation and the constructive conception of Freon 11 turbogenerator units.

[*Energetica 33 (1985), nr. 5, p.* 226—229]

DC 621.165 :536.48

GHEORGHE CONSTANTIN HOBEANU, CONSTANTIN POPESCU : **Criteria on the Choice of Working at the Low Temperature Turbine Instalations**

The paper contains original results referring to the justification of the working agent's choice at the low temperature turbine installations. The notion ''economic efficiency'' introduced by the authors represents a quite comprehensive comparison and selection criterion.

[*Energetica 33 (1985), nr. 5, p.* 230—236]

COLEGIUL DE REDACȚIE

Președinte, redactor responsabil : **dr. ing. Călin Mihăileanu**
Redactori responsabili adjuncți : **dr. ing. Nicolae Armencoiu, dr. ing. Gheorghe Bălan**
Secretar de redacție : **dr. ing. Eugeniu Pavel**
Gestiune financiară : **ec. Gheorghe Ursache**
Orientări în energetică : **dr. ing. Mario Duma**
Energetica în unități economice : **ing. Ion Măiereanu**
Dezvoltarea sistemelor energetice : **dr. ing. George Manolescu**
Conducerea și automatica SE : **dr. ing. Victor Romert, dr. ing. Jean Constantinescu**
Centrale termoelectrice : **conf. dr. ing. Costin Moțoiu, ing. Romeo Zbarcea, dr. ing. Teodor Popa, ing. Horia Furtunescu**
Centrale hidroelectrice : **dr. ing. Gheorghe Luca**
Centrale nucleare electrice : **ing. Adrian Georgescu**
Rețele electrice : **ing. Dinu Voinea, ing. Nicolae Georgian**
Alimentare cu căldură : **ing. Nicolae Niculescu**
Surse și tehnologii noi : **dr. ing. Alexandru Florescu**
Tehnologii chimice în energetică. Poluare : **dr. chim. Maria Maftei**
Organizarea muncii : **ing. Miron Popescu, ing. Dan Iosifescu**
Istoria energeticii : **ing. Paul Cartianu**
Buletin informativ : **ing. Mihai Nistor, ing. Romulus Sfichi**

Centre universitare și industriale :
București : **conf. dr. ing. Alexandru Selischi**
Iași : **prof. dr. ing. Alexandru Poeată**
Timișoara : **prof. dr. ing. Viorel Negru**
Cluj : **conf. dr. ing. Silviu Darie**

Revista „ENERGETICA" este editată și administrată de Institutul de Cercetări și Modernizări Energetice prin Oficiul de Informare Documentară pentru Energetică. **Vasile Pleșca** — șef OIDE, **Ana Maria Chivu** — redactor

Revista ENERGETICA este publicație lunară devotată preocupărilor spirituale și realizărilor materiale în domeniul energeticii.

In revista ENERGETICA se publică :

Articole

Informații referitoare la : publicații recente (cărți, reviste), noutăți științifice și tehnice, invenții și inovații, experiență de exploatare, realizări remarcabile, manifestări tehnico-științifice naționale și internaționale (congrese, conferințe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse : cronici, recenzii, discuții la articole publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuțiilor în jurul meselor rotunde.

Instituțiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 — BN R.S.R. Fil. Sector 3. Costul unui abonament : 144 lei anual ; costul unui exemplar : 12 lei.

41 401

ANNOUNCEMENTS FOR READERS ABROAD

- **The review "Energetica" can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages**
- **The review "Energetica" proposes a publication exchange with similar reviews and in relating fields**
- **The review "Energetica" provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well**
- **The review "Energetica" publishes on request from authors abroad reports of energy or other materials : technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia, etc. written in one of the worldwide spoken languages**
- **Readers from abroad can subscribe through : ROMPRESFILATELIA — sectorul import-export PO. Box 12—201, telex 10376 prsfir, Calea Griviței nr. 64—66.**

Redacția și administrația : București 79619, Bd. Energeticienilor nr. 8, sect. 3
Telefon : 20.67.30, 21.46.30.

Tiparul : Întreprinderea Poligrafică „Informația", București, str. Brezoianu 23—25, c. 1185

REZISTENȚA DE AMORTIZARE DE ÎNALTĂ TENSIUNE

– Rezistență de amortizare de înaltă tensiune se montează în circuite de IT pentru amortizarea vîrfurilor de tensiune de înaltă frecvență, care apar în condițiile de exploatare a instalațiilor, evitîndu-se străpungerile eventuale din circuit, în care sînt montate armături.

– Rezistența de amortizare de înaltă tensiune este folosită pentru protejarea cablului și a aparatajului din circuitul de IT, în cazul apariției accidentale a unor șocuri de supratensiune.

– Acest tip de rezistență permite obținerea următoarelor avantaje, raportate la orice alt tip de rezistență :

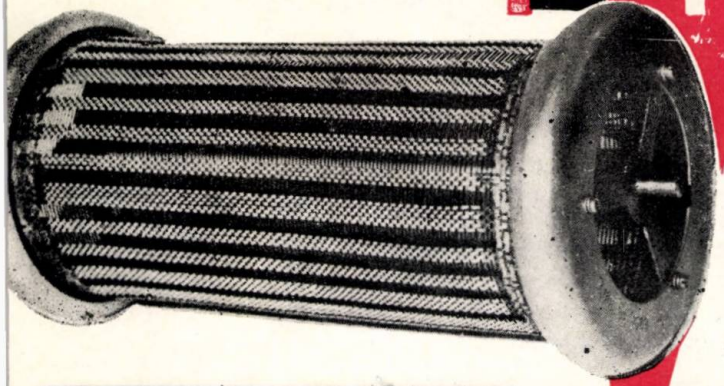
- anularea reactanțelor inductive și capacitive parazite ;
- capacitate mare de încărcare la suprasarcină;
- rezistență mare la șocuri ;
- condiții simple de montare ;
- funcționare sigură în prezența uleiului și a altor lichide electroizolante.

– Rezistențele de amortizare de înaltă tensiune sînt realizate de ICEMENERG prin Secția service de probe și măsurători termomecanice și pot fi livrate la solicitarea beneficiarilor la prețul de 8500 lei/bucata.

Caracteristici tehnice :

– Rezistența electrică – conform cererii beneficiarului
– Tensiunea de alimentare . . . . 110 kV
– Curentul maxim . . . . . max. 5 A
– Temperatura mediului . . . max. 100°C
– Umiditatea relativă . . . . . : 90%
– Dimensiuni geometrice principale :
  - lungimea rezistenței . . : max. 800 mm
  - diametrul calotei . . . : Ø 150, Ø 210, Ø 300 mm

– Suportul textil : tub flamat de sticlă
– Tija suport : teflon
– Calotele de radiații : dural
– Bolțurile de fixare : OL cadmiat
– Greutatea de fixare : OL cadmiat
– Greutatea : max. 5 kg (în funcție de dimensiunile geometrice și electrice solicitate).



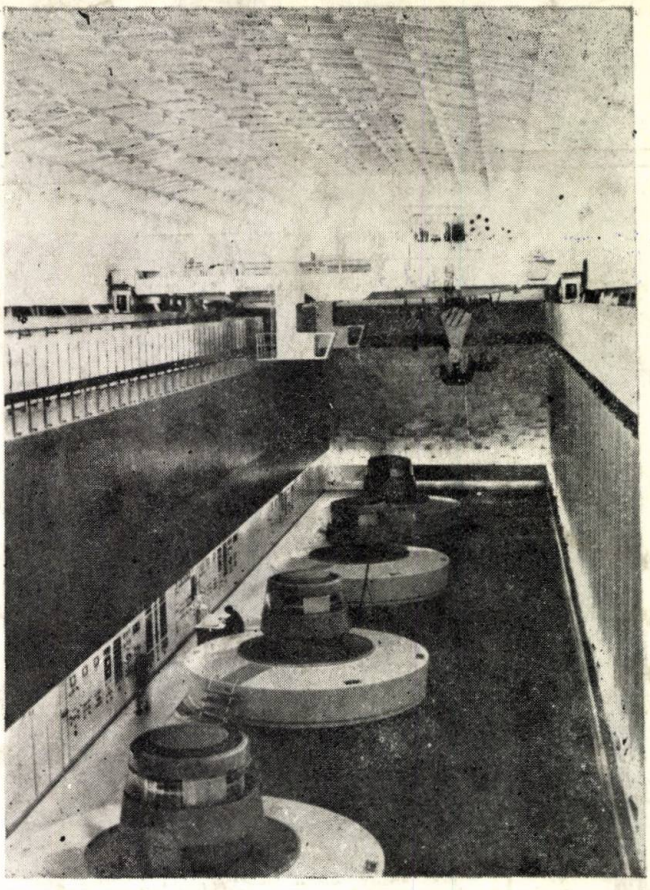
ICEMENERG

I.S.P.H.

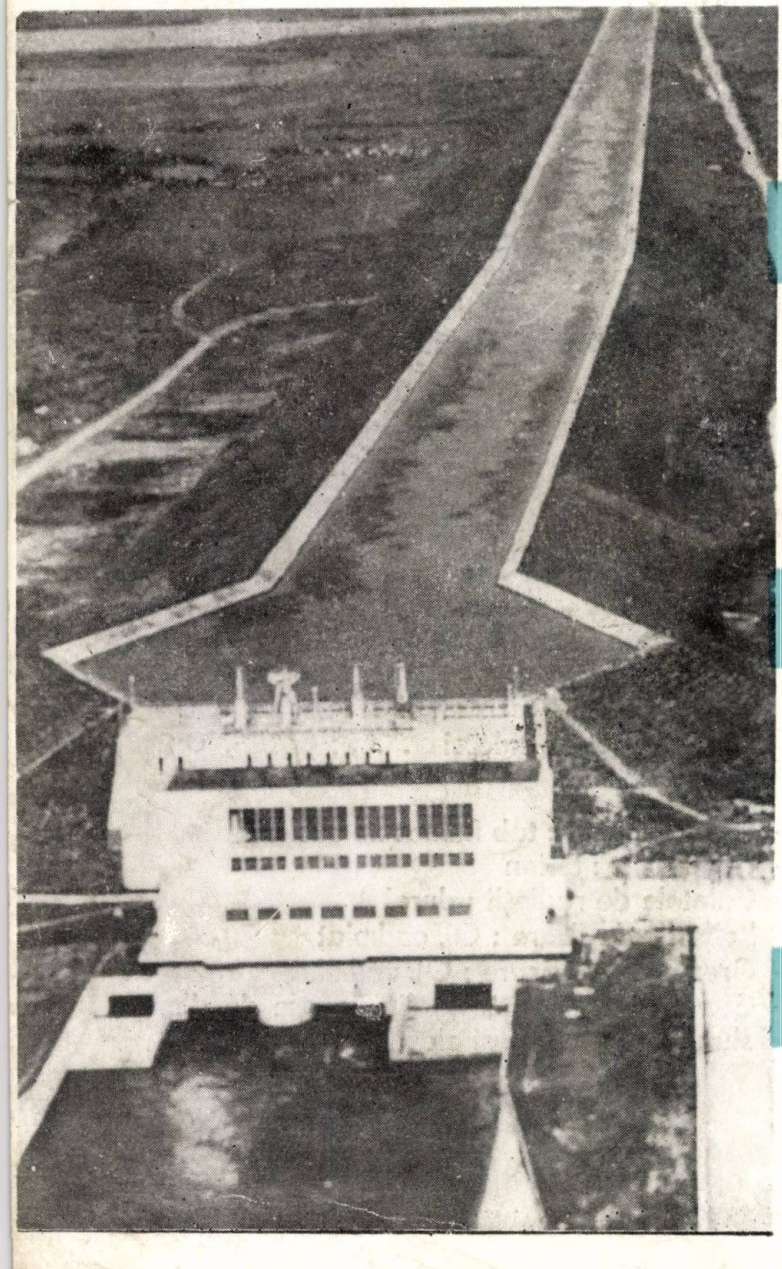
INSTITUTUL DE STUDII ŞI

PROIECTĂRI HIDROENERGETICE

1985 NOV 2 1



ISPH-Designing Institute with complex profile offers :



RIVER BASIN DEVELOPMENT STUDIES

- hydroelectric developments
- multipurpose hydraulic developments
- special hydraulic structures

SPECIAL ACTIVITIES

- hydrological and hydrogeological studies
- engineering-geological investigations
- geotechnical and geophysical explorations, soil and rock mechanic investigations
- topographical surveys and mapping

SPECIAL SERVICES

- preliminary studies and designs
- feasibility studies
- final designs
- detailed construction drawings
- tender documents and contracts
- inspection and supervision
- expert's reports

29, Republicii Blvd., 79669 Bucharest,
Romania,
Phone 147270, Telex 11-443 i. s. p. h. r.

E 2039

Energia

MW

R 1985 OKT 1 1

6

100 de ani de energetică românească

REFERALVA

Cuprinsul

GHEORGHE BUCEA, MARILENA MĂIEREANU : **Experiență în exploatarea, întreținerea și repararea cablurilor de energie de 110 kV** 241

TRAIAN-G. IONESCU, MARINA NEAGOE : **Evaluarea sarcinilor electrice de calcul în rețelele electrice de distribuție** (*cu prezentare în limba engleză*) 252

OVIDIU ȚUȚUIANU : **Aspecte privind utilizarea căldurii de potențial coborît pentru încălzirea serelor și solariilor** (*cu prezentare în limba engleză*) 262

DIN ISTORIA ELECTRIFICĂRII

CONSTANTIN OSTAP, MIHAI CABA : **Din istoricul energeticii ieșene** 269

EUGENIU PAVEL, COSTIN RUCĂREANU : **Din istoria publicațiilor privind domeniile energeticii. Revista Energia** 272

INVENȚII—INOVAȚII 276

MANIFESTĂRI TEHNICO-ȘTIINȚIFICE 251

NOUTĂȚI TEHNICO-ȘTIINȚIFICE 268, 278

RECENZII 278

PLANUL TEMATIC AL REVISTEI ENERGETICA PE ANII 1985—1986 284—285

VOLUMUL XXXIII

BUCUREȘTI

IUNIE 1985

energetica

tagec

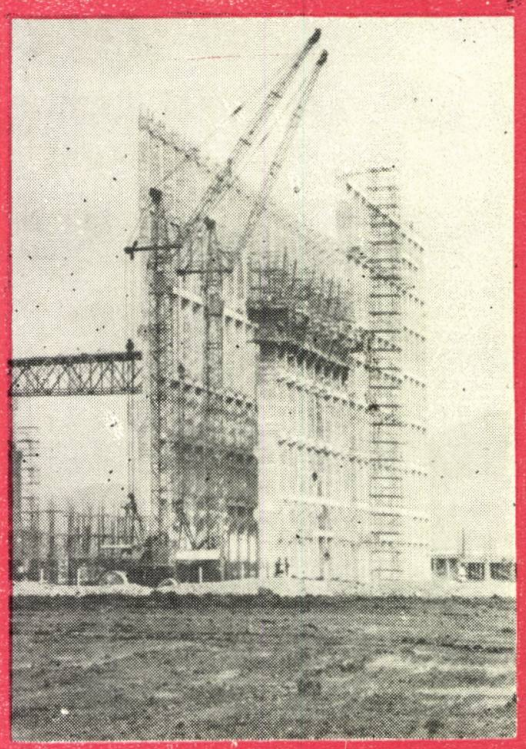
TRUSTUL ANTREPRIZA GENERALA energoconstrucţia

T.A.G. ENERGOCONSTRUCTIA, dispunînd de o dotare tehnică modernă şi de un important efectiv de muncitori de înaltă calificare, tehnicieni şi ingineri, realizează :

LUCRARI DE CONSTRUCTII SI DE INSTALATII aferente termocentralelor electrice şi de termoficare de mare şi foarte mare putere funcţionînd pe cărbune, gaze, şisturi etc.;

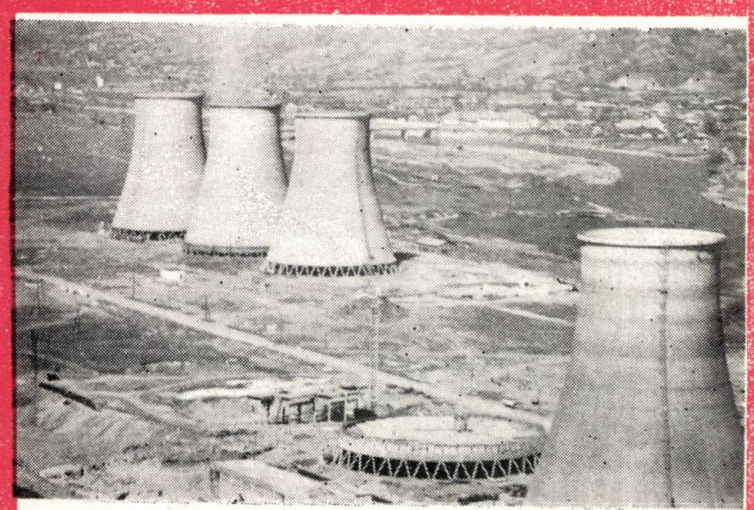
LUCRARI DE TEHNICITATE DEOSEBITA CA :

- magistrale şi reţele de termoficare pentru alimentarea marilor centre industriale şi urbane ;
- turnuri de răcire de mare capacitate cu tiraj natural sau forţat (Q = 42.000 mc/h) ;
- coşuri de fum de mare înălţime (H = 280 m) ;
- fundaţii speciale pentru maşini şi utilaje în termocentrale ;
- staţii de transformare de 400, 200 şi 110 kV.



LUCRARI HIDROTEHNICE AFERENTE TERMOCENTRALELOR :

- baraje de diferite tipuri, regularizări de rîuri ;
- prize decantoare şi staţii de pompe pentru debite importante ;
- canale şi conducte de apă caldă şi rece în soluţii constructive variate.



T.A.G. "ENERGOCONSTRUCTIA" A REALIZAT IN SIRIA TURNURI DE RACIRE SI COSURI DE FUM LA RAFINARIA DIN BANYAS SI LA FABRICA DE CIMENT DIN ALEPPO.

T.A.G."ENERGOCONSTRUCTIA"
Calea Dorobanţilor nr.103-105
Sector 1 - Bucureşti
Telefon 79.60.20 - telex 10179

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

ANUL 33 Nr. 6 Iunie 1985

Rețele electrice

Experiență în exploatarea, întreținerea și repararea cablurilor de energie de 110 kV

Ing. Gheorghe Bucea, ing. Marilena Măiereanu*

Introducere

Cablurile electrice de energie izolate cu hîrtie impregnată cu ulei fluid sub presiune au fost brevetate în anul 1918 de către inginerul L. Emanuelli de la firma italiană Pirelli. Prima instalație experimentală a fost realizată în Italia în 1923, iar în 1927 este pusă în funcțiune, pentru prima dată, o linie electrică în cablu monofilar la tensiunea de 132 kV în orașul New York. De la această dată și pînă în prezent acest tip de cablu s-a dezvoltat și perfecționat continuu, realizîndu-se industrial cablu trifazat pentru tensiunea de 132 kV, cablu monofazat pentru tensiunea 550 kV, iar în prezent se află în stadiu avansat cercetarea și experimentarea cablurilor pentru tensiuni foarte înalte (750—1200 kV).

Prima furnitură de cablu de 110 kV cu izolație de hîrtie și ulei sub presiune a fost achiziționată pentru țara noastră în anul 1959. Această furnitură a fost montată în București pentru racordarea la sistem a stației electrice București centru.

Achiziția cablului și a accesoriilor aferente s-a făcut de la firma Pirelli-Italia. Un an mai tîrziu, tot de la aceeași firmă au fost contractate cablurile și accesoriile pentru realizarea traversării Dunării a LEA 110 kV Gura Ialomiței— Hîrșova în zona Giurgeni — Vadul Oii, lucrare deosebit de importantă, avînd în vedere situația dificilă a Dobrogei în privința asigurării necesarului de energie electrică.

De la această dată volumul de linii electrice în cablu de 110 kV crește necontenit, instalîndu-se cu precădere în rețeaua de distribuție electrică a orașului București și în centralele electrice.

Pînă în anul 1970 importul de cabluri de 110 kV s-a făcut aproape în exclusivitate de la firma Pirelli — Italia, import care presupunea inclusiv asistența tehnică pentru lucrările de montaj și reparații. De asemenea, cablurile de 110 kV montate pînă la această dată sînt de același tip constructiv, și anume : conductor de cupru cu izolație de hîrtie impregnată cu ulei mineral sub presiune, manta metalică de plumb și manta de protecție anticorosivă din PVC sau cauciuc natural.

Începînd cu anii șaptezeci apare o tendință nouă în ceea ce privește materialele folosite în fabricarea cablurilor de înaltă tensiune. Aluminiul este metalul care poate înlocui atît cuprul conductoarelor, cît și plumbul din mantaua metalică a cablurilor. Uleiul mineral este înlocuit cu uleiul sintetic de tipul dodecilbenzen, care are proprietăți fizico-chimice mult superioare, printre care o fluiditate apreciabilă la temperaturi coborîte, lucru care a determinat în mod substanțial reducerea costului instalațiilor de cablu prin eliminarea manșoanelor de alimentare și, de regulă, a celor de stopare pe linii de lungimi mici și medii.

Noile tehnologii de execuție a accesoriilor au dus la folosirea elementelor prefabricate și a subansamblurilor, care facilitează un montaj ușor, sigur și rapid.

Din anul 1972 furnizorii de cabluri de înaltă tensiune acceptă executarea lucrărilor de montaj, întreținere și reparații de către formațiile noastre specializate, astfel că responsabilitatea executării acestor operații revine asistenței tehnice românești.

* Ing. Gheorghe Bucea, ing. Marilena Măiereanu — I.D.E. București

Toate aspectele menționate au dus la diminuarea prețului de achiziție a furniturilor de cabluri de înaltă tensiune și în special a celor cu conductoare și manta de aluminiu, fapt ce a favorizat în mare măsură producătorii de cabluri din Anglia (firma BICC), de la care se achiziționează aproape în exclusivitate necesarul de cabluri de 110—400 kV în intervalul 1970—1975. Din acest moment, avînd în vedere echivalența tehnică a produselor diferiților producători, criteriul de selecție al acestora a fost determinat de prețuri, situație în care au mai fost instalate cabluri din R.F.G. (Felten & Guilleaume, Siemens și AEG), Japonia (Showa Mitsubischi Co și Sumitomo), Franța (Lyon), Austria (Felten & Guilleaume), CEAT—Italia și altele.

Desigur că avantajul economic imediat aplicat în achiziționarea furniturilor de cabluri de înaltă tensiune de la furnizorul cel mai ieftin la un moment dat a părut un criteriu bun. Experiența de montaj și exploatare a dovedit însă că avantajul a fost aparent și că de fapt aceste furnituri au devenit tot atît sau chiar mai scumpe, deoarece pentru fiecare furnitură în parte au fost achiziționate separat materiale de rezervă (cabluri, manșoane, cutii terminale, ulei etc.) necesare stocului de securitate, scule specifice, aparate și agregate de montaj, întreținere și reparații, precum și asistență tehnică; ulterior a fost necesară și școlarizarea personalului muncitor și tehnic pentru însușirea tehnologiilor specifice.

În situația în care s-ar fi adoptat linia achiziționării echipamentelor de la un număr restrîns de furnizori, ar fi fost suficientă asigurarea unuia sau cel mult a două seturi complete de materiale de rezervă, scule, aparate și agregate specifice lucrărilor de montaj și reparații, ceea ce ar fi dat un caracter unitar întregii activități de cabluri de IT, fapt ce ar fi avut atît un avantaj tehnic, cît mai ales unul economic.

Volumul și diversitatea mare a instalațiilor de cabluri de 110 kV atins în prezent (circa 130 circuite) a impus asigurarea, în cadrul M.E.E., a unui cadru organizatoric care cuprinde dotările de echipamente și de personal menite să rezolve toate situațiile ce pot apărea în aceste instalații, astfel că întreaga gamă de lucrări: montaj, reparații, întreținere și exploatare, se execută de către formațiile specializate CIRE — TAGEM.

Experiența acumulată pe parcursul anilor, ne-a ajutat să reparăm cu succes toate cablurile de 110 kV defecte, inclusiv cablurile subfluviale de la Giurgeni—Vadul Oii, lucrare de o deosebită amploare, pe care o vom reda în cadrul prezentului articol.

1. Repararea cablurilor subfluviale de 110 kV din zona Giurgeni — Vadul Oii

1.1. Prezentarea instalației

Linia electrică aeriană dublu circuit de 110 kV Gura Ialomiței — Hîrșova 3×185 mm² OlAlN traversează Dunărea în punctul Giurgeni — Vadul Oii prin intermediul a 6+1 cabluri monofilare de 110 kV (fig. 1) de proveniență Pirelli — Italia, avînd următoarele caracteristici:

— tipul constructiv: COHLEFI — conductor de 240 mm² Cu izolat cu hîrtie impregnată cu ulei mineral sub presiune, manta de plumb ramforsată cu benzi de cupru cositorite, armătură de protecție mecanică din sîrmă de oțel;

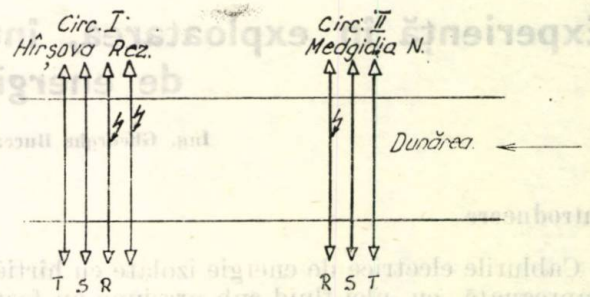


Fig. 1. LEA 110 kV Gura Ialomiței, Hîrșova și Medgidia Nord la traversarea Dunării.

— lungimea cablurilor: circa 950 m din care 800 m în Dunăre;

— distanța între cabluri: aproximativ 10 m în apă și 2 m în zona de uscat pe malurile Dunării;

— capacitatea de transport: 350 A, 68 MVA;

— proba de înaltă tensiune în vederea PIF: 260 kV c.c. timp de 15 min;

— capacitatea electrică specifică: 340 nF/km;

— rezistența ohmică la 20°C: 0,0740 Ω/km;

— rezistența de izolație la 20°C: 30000MΩkm;

— tensiunea de încercare la impuls: 550 kV impuls;

— tg $\delta \leqslant 0{,}005$ la U_0 și 20°C.

Data punerii în funcțiune: circuitul I și faza de rezervă în ianuarie 1961, lucrările de montaj fiind executate în 1960; circuitul II, compus din trei faze, a fost pus în funcțiune în luna noiembrie 1966. Lucrările de montaj s-au executat de către TEM București, cu asistență tehnică din partea furnizorului pentru toate operațiunile de lansare în Dunăre, execuția accesoriilor, probe și verificări după montaj.

În figura 2 este prezentat în secțiune acest timp de cablu.

Odată cu achiziționarea și montarea cablurilor aferente circuitului II, în 1966 au fost contractate și instalate 3+1 cabluri subfluviale monofazate la Măcin pentru traversarea LEA 110 kV Măcin — Barboși 3×185 mm² OlAlN. Datele constructive ale acestor cabluri

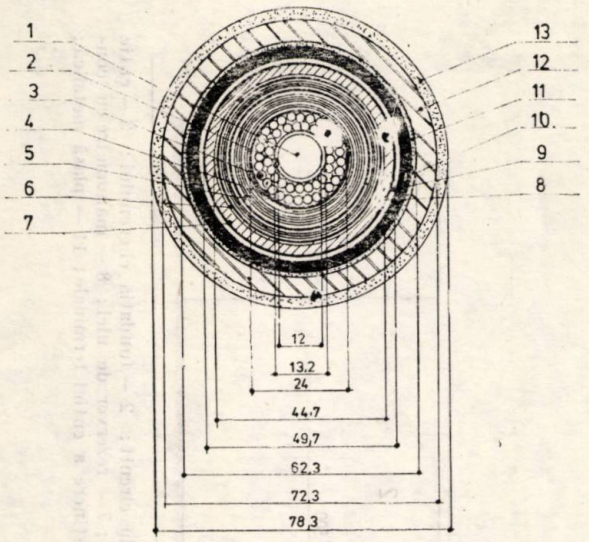


Fig. 2. Secţiune prin cablul de 110 kV de la Giurgeni — Vadul Oii : 1 — canal central longitudinal pentru circulaţia uleiului ; 2 — suport elicoidal din bandă oţel inox ; 3 — conductor de Cu 240 mm² ; 4 — ecranul conductorului din hîrtie carbon (semiconductoare) ; 5 — izolaţie de hîrtie ; 6 — ecranul izolaţiei din hîrtie metalizată ; 7 — bandaj textil ; 8 — manta din plumb ; 9 — benzi cu Cu cositorite pentru ranforsarea mantalei de Pb ; 10 — manta de protecţie anticorosivă de cauciuc natural ; 11 — înveliş de protecţie din iută ; 12 — armătură de protecţie metalică din oţel ; 13 — înveliş exterior de protecţie din iută impregnată.

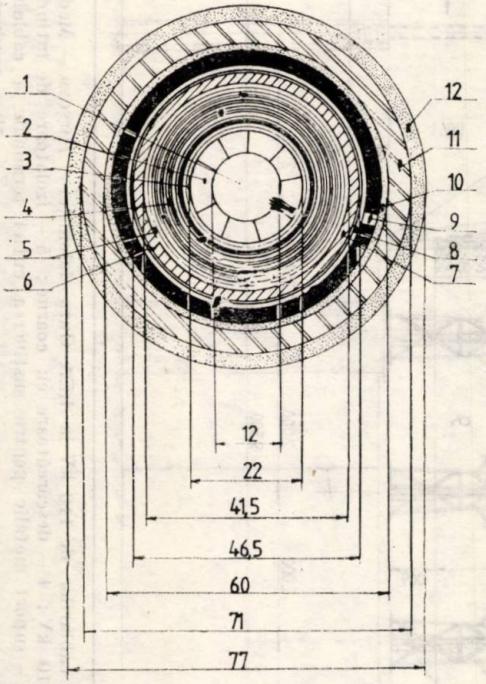


Fig. 3. Secţiune prin cablul de 110 kV de la Măcin : 1 — canal central longitudinal ; 2 — conductor de Cu 240 mm² ; 3 — ecranul conductorului din hîrtie carbon (semiconductoare) ; 4 — izolaţie de hîrtie ; 5 — ecranul izolaţiei din hîrtie metalizată ; 6 — bandaj textil ; 7 — manta de Pb ; 8 — benzi de cupru cositorite pentru ranforsarea mantalei de plumb ; 9 — manta de protecţie anticorosivă de PVC ; 10 — înveliş de protecţie de iută ; 11 — armătură de protecţie mecanică din ALDREY ; 12 — înveliş exterior de protecţie din iută impregnată.

sînt identice cu ale celor de la Giurgeni — Vadul Oii, cu următoarele precizări :

— conductorul de cupru, de aceeaşi secţiune, are diametrul exterior mai mic, ca urmare a unui coeficient de compactare mai bun (fig. 3) ;

— deoarece conductorul este format din sîrmă profilată trapezoidal nu a fost necesară toronarea acestuia pe suport elicoidal din bandă de oţel ;

— diametrul exterior al izolaţiei este inferior celui al cablurilor de la Giurgeni ;

— mantaua de protecţie anticorosivă este realizată din PVC ca şi la cablurile circuitului II de la Giurgeni contractate în 1966, pe cînd cele achiziţionate în 1960 au acest înveliş din cauciuc natural ;

— armătura metalică este formată din sîrmă de ALDREY înfăşurată elicoidal pe cablu, în timp ce la toate cablurile de la Giurgeni această armătură este din oţel.

În figura 4 este prezentat modul de racordare a LEA la cablurile de 110 kV de la Giurgeni.

Notă. Pentru repararea cablurilor de 110 kV Giurgeni au fost folosite accesorii şi tronsoane de cablu rezultate din demontarea LES 110 kV Măcin, devenită indisponibilă, fapt ce ne determină să prezentăm o serie de detalii legate de această instalaţie.

1.2. Comportarea în exploatare a LES de la Giurgeni şi Măcin

LES 110 kV de la Măcin a fost realizată şi pusă în funcţiune la data de 9.12.1966. Una dintre faze nu a putut fi pusă în funcţiune, deoarece pe 9.11.1966 a fost ruptă în Dunăre prin lovire şi tracţiune cu două ancore de vapor. Repararea acesteia se face abia doi ani mai tîrziu, operaţia constînd din introducerea unei bucăţi noi de cablu în albia Dunării şi execuţia a două manşoane pe maluri.

În vara anului 1969 cu ocazia unui control amănunţit al stării cablurilor, se observă că pe malul drept al Dunării acestea erau spălate de pămînt şi în unele zone erau suspendate în apă, lucru ce se datora unui pronunţat fenomen de coroziune a malului dobrogean al Dunării (fig. 5). În această situaţie, beneficiarul IRE Constanţa îşi propune executarea unor lucrări de îngropare a cablurilor prin săparea de şanţuri în malul Dunării. Institutul Politehnic Bucureşti elaborează o soluţie de îngropare şi protejare a cablurilor, soluţie avizată şi de ISPE. Încercările nu au dat rezultate şi beneficiarul abandonează orice idee de conservare a cablurilor. În această situaţie, eroziunea malului Dunării se accentuează, fapt ce duce la mărirea zonei de suspendare liberă a cablurilor între zona uscată a malului şi fundul Dunării. Cablurile sînt expuse loviturilor mecanice din partea corpurilor în imersiune şi în acelaşi timp sînt supuse trepidaţiilor şi pendulaţiilor în curentul de apă. Urmare firească a acestor condiţii, apare ruperea sîrmelor din bandajul de protecţie

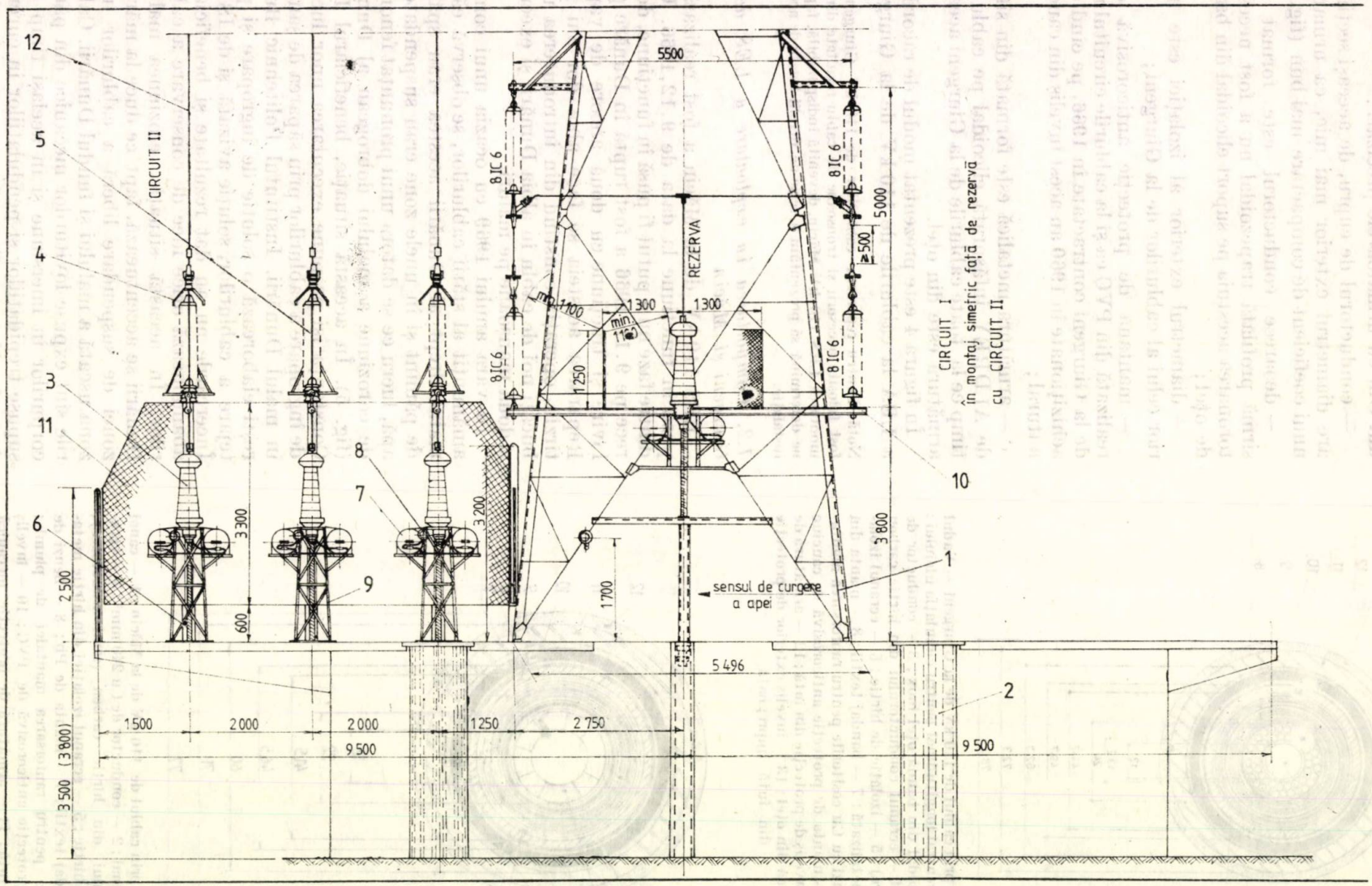


Fig. 4. Racordarea cablurilor de 110 kV la LEA Gura Ialomiței — Hîrșova — Medgidia: 1 — stîlp metalic dublu circuit; 2 — fundația chesonului; 3 — cutie terminală cablu 110 kV; 4 — descărcătoare cu coarne; 5 — izolatoare de întindere 110 kV; 6 — cablu 110 kV; 7 — rezervor de ulei; 8 — manometre cu contacte electrice; 9 — suport metalic pentru susținerea cutiei terminale a cablului 110 kV; 10 — consolă de susținere a cutiei terminale; 11 — plasă metalică; 12 — conductor funie.

mecanică și ulterior fisurarea mantalei metalice de plumb și a celei de protecție anticorosivă de PVC.

La 31.10.1974 cablul nr. 3, cel mai afectat de fenomenul de coroziune (vezi fig. 5), pierde presiunea de ulei și nu mai poate fi readus în parametrii hidraulici. Încercările de ridicare a

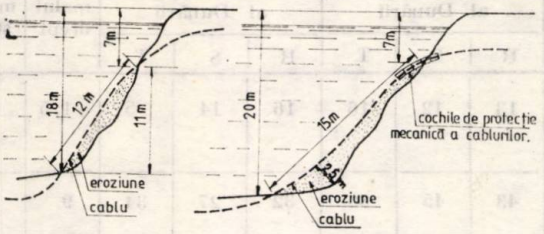


Fig. 5. Stadiul eroziunii malului dobrogean al Dunării în zona cablurilor 3 și 4 de la Măcin 1970.

cablului la suprafață în scopul reparării nu dau rezultate și se abandonează ideea recuperării lui. Linia rămîne să funcționeze cu cele două cabluri de bază și rezervă. Această stare durează pînă la data de 2.12.1978, cînd și cablul numărul 4 pierde presiunea de ulei și, de asemenea, nu poate fi readus în exploatare și reparat, astfel că LEA 110 kV Barboși — Măcin devine indisponibilă.

În comparație cu instalația similară de la Măcin, LES 110 kV Giurgeni-Vadul Oii a fost realizată într-o zonă a Dunării cu maluri stabile, fără curenți de apă care să le corodeze în timp. De asemenea, lucrările inițiale de dragare a malurilor și de protecție mecanică a cablurilor au conferit acestora o integritate absolută.

Pentru menținerea integrității cablurilor era necesar ca unitatea de exploatare să execute lucrările de întreținere și exploatare corespunzătoare :

— controlul zilnic al instalațiilor conform ITI în vigoare ;

— întreținerea semnalizărilor luminoase de interdicție a acostărilor, a manevrării și ancorării vaselor fluviale în zona cablurilor electrice.

Datorită deficiențelor manifestate privind supravegherea acestor instalații, la data de 7.11.1980 fazele R ale circuitelor I și II rămîn fără presiune de ulei și nu mai pot fi repuse în exploatare, astfel că din două circuite rămîne unul singur în exploatare.

Doi ani mai tîrziu cablul de rezervă aflat în funcțiune este străpuns electric sub cutia terminală de pe malul stîng al Dunării și arde pe o lungime de circa doi metri. Reparația executată de către IDE București a constat din refacerea cutiei terminale (demontare-remontare) cu folosirea rezervei de cablu.

La 9.03.1983 faza de rezervă se defectează din nou, rămînînd fără presiune de ulei ca urmare a unei pierderi nelocalizate în albia Dunării.

OBSERVAȚII. a) Cablurile 3 și 4 de la Măcin au fost avariate datorită ruperii mantalei de Pb, a învelișului de PVC și a bandajului de protecție mecanică ca urmare a lovirilor, trepidațiilor și pendulărilor cablurilor în curentul de apă. Armătura mecanică din ALDREY a suferit un proces de coroziune deosebit de avansat, deoarece protecțiile impermeabile de iută și bitum au fost sablate de aluviunile din curentul de apă.

b) Cele trei cabluri de la Giurgeni (fazele R ale ambelor circuite și faza de rezervă) au fost lovite de chila unui vas fluvial, care, neavertizat de prezența acestora, a efectuat un rondou foarte aproape de malul ialomițean și a lovit cablurile. Faptul că defectul pe faza de rezervă s-a pronunțat la circa doi ani și jumătate după celelalte două, s-a datorat afectării acesteia de lovitură într-o măsură mai mică.

c) Defectarea fazei de rezervă prin străpungerea și arderea cablului sub cutia terminală s-a datorat unei deficiențe de montaj privind legarea la pămînt a învelișului de protecție mecanică. Se știe că în învelișul metalic al ununi cablu, în special al unui cablu monofazat, apar tensiuni induse și curenți de circulație care pot avea valori deosebit de ridicate în instalații montate în maniera celor de la Măcin și Giurgeni. Măsurătorile

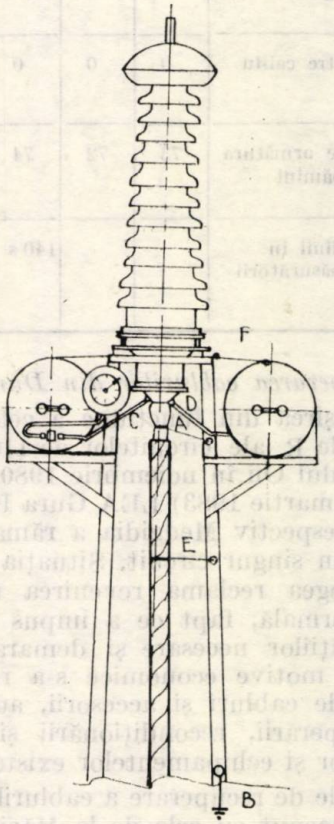


Fig. 6. Punctele de măsură ale curenților de circulație : A — între mantaua de Pb și pămînt ; B — legătura suportului cutiei terminale la centura de pămînt ; C — țeava de ulei între cablu și manometru ; D — țeava de ulei între cablu și rezervoare ; E — legătura între armătura cablului și pămînt ; F — curentul pe linii în momentul măsurării.

acestor curenți sînt relevante (fig. 6 și tabelul 1). Este ușor de explicat că la asemenea circulații de curent, acolo unde au apărut modificări ale căilor de curent au apărut și fenomene termice și electrice care au condus la topirea mantalei cablului și străpungerea izolației. Modificarea acestor căi de curent în cazul fazei de rezervă a apărut la terminația bandajului de protecție mecanică care nu a fost legat galvanic nici la mantaua de plumb a cablului și nici la priza de pămînt a chesonului.

Tabelul 1

Valorile curenților de circulație A între elementele cablurilor de la Giurgeni — Vadul Oii

Elementul măsurat	LEA 110 kV Medgidia			Gura Ialomiței Circuitul I			LEA 110 kV Hîrșova			Gura Ialomiței Circuitul II			Cablu rezervă	
	malul drept al Dunării			malul sting al Dunării			malul drept al Dunării			malul sting al Dunării			malul drept	malul sting
	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T		
Legătura între mantaua de plumb și pămînt	28	0	18	4,5	4	5	13	12	16	16	14	5	1,5	1
Legătura suportului cutiei terminale la centura de pămînt	85	105	96	57	63	5	43	45	50	32	27	34	9	1
Țeava ulei între cablu și manometru	14	10	5	—	—	—	2	0	15	—	—	—	0	1
Țeava ulei între cablu și rezervoare	0	0	0	2	1	0	1	36	0	0	3	2	0	0
Legătura între armătura cablului și pămînt	73	72	74	66	67	64	33	33	33	86	26	27	4	3,5
Curentul pe linii în momentul măsurătorii			140 s						50 A					

1.3. Recuperarea cablurilor din Dunăre

După ieșirea din funcțiune a celor trei cabluri (fazele R ale circuitelor de 110 kV Giurgeni — Vadul Oii în noiembrie 1980 și faza de rezervă în martie 1983) LEA Gura Ialomiței — Hîrșova, respectiv Medgidia a rămas în funcțiune cu un singur circuit. Situația energetică din Dobrogea reclama revenirea urgentă la schema normală, fapt ce a impus întocmirea documentațiilor necesare și demararea lucrărilor. Din motive economice s-a renunțat la importul de cabluri și accesorii, adoptîndu-se linia recuperării, recondiționării și refolosirii materialelor și echipamentelor existente.

Operațiile de recuperare a cablurilor din Dunăre au început cu cele de la Măcin, pentru a se putea verifica tehnologia propusă și, în cazul unei reușite, să se poată ști pe ce materiale și lungimi de cablu se poate conta pentru repararea celor trei cabluri de la Giurgeni. În figura 7 este prezentată situația celor patru cabluri la data începerii lucrărilor, iar în figura 8 sînt prezentate lungimile t o ișoanelor recuperate din fiecare cablu în parte. S-au recuperat toate cutiile terminale, rezervoarele și cele două manșoane ale cablului 1.

Referitor la cablurile defecte de la Giurgeni se știa că acestea erau defecte în același loc, și anume la o distanță de circa 100 m de malul stîng al Dunării. În consecință lucrările de recuperare încep de aici și sînt scoase la suprafață lungimile de cablu prezentate în figura 9.

Operațiile de ridicare a cablurilor din albia Dunării au avut următoarea succesiune :

— ridicarea cablurilor la suprafața apei în zona defectă, tăierea și capsularea lor;

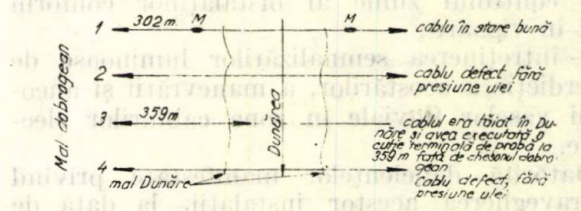


Fig. 7. Situația cablurilor 110 kV Măcin la data începerii lucrărilor de recuperare : 1 — cablu în stare bună ; 2 — cablu defect fără presiune ulei ; 3 — cablul era tăiat în Dunăre și avea executată o cutie terminală de probă la 359 m față de chesonul dobrogean ; 4 — cablu defect fără presiune ulei.

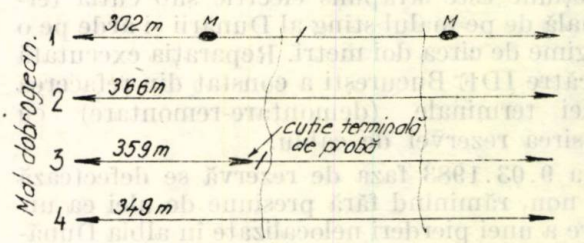


Fig. 8. Lungimile de cablu recuperate la Măcin.

— demontarea cochilelor de protecție mecanică;

— legarea cablurilor, din 10 în 10 m, pe butoaie de susținere la suprafață;

— aducerea cablurilor recuperate la maluri și asigurarea lor.

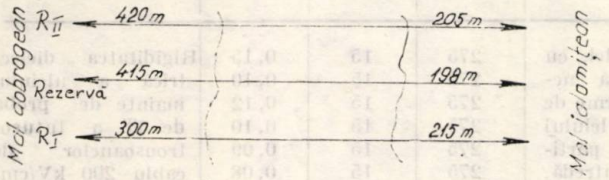


Fig. 9. Lungimile de cablu recuperate la Giurgeni.

1.4. Starea cablurilor recuperate și modalitățile de readucere în parametrii electrici și hidraulici

În mod normal un cablu electric de tipul OF (izolat cu hîrtie și impregnată cu ulei fluid sub presiune), odată realizat ca instalație independentă trebuie să funcționeze, din punct de vedere hidraulic, în următoarele condiții:

— mantaua metalică din Pb sau Al va constitui permanent un sistem ermetic de etanșare a dielectricului din interior;

— presiunea uleiului va fi menținută la o valoare de cel puțin $1{,}962 \cdot 10^4$ N/m² în punctul cel mai ridicat al profilului altimetric al cablului, iar în cel mai coborît de punct maxim $58{,}86 \cdot 10^4$ N/m² în regim permanent și $88{,}29 \cdot 10^4$ N/m² în regim tranzitoriu.

Nerespectarea condițiilor menționate duce la pierderea impregnatului dielectric și la scăderea presiunii interioare a acestuia cu consecințe grave, concretizate prin scăderea rigidității dielectrice și deci la străpungerea izolației, fapt explicat prin legea lui Paschen cu privire la dependența rigidității dielectrice a unui lichid, funcție de presiunea acestuia.

Se știe, de asemenea, că, datorită densității mari a hîrtiei de izolație (circa 850 kg/m³ în stare uscată), grosimii ei reduse (0,06—0,14 mm), unui grad de compactare deosebit de ridicat și numărului mare de straturi suprapuse (circa. 80—100 straturi), această izolație, odată drenată de ulei, este practic imposibil să mai fie vaccumată și impregnată corespunzător. În ceea ce privește umiditatea pătrunsă în izolația de hîrtie, în condițiile în care aceasta nu mai este impregnată cu ulei, se apreciază că nu mai poate fi scoasă decît prin încălzire la o temperatură de 100—110°C în etuve etanșe supuse unui proces de vidare. Aceste procedee nu se pot aplica în condiții de șantier, în organizări improvizate și în timpi scurți. Procesele de recondiționare a izolației contaminate în contactul cu aerul, apa și prin pierderea impregnantului dielectric sînt operațiuni de lungă durată și nu întotdeauna încununate de succes, chiar dacă sînt executate de către fabrica constructoare.

Ținînd seama de aceste aspecte și de starea cablurilor defecte ce au fost demontate din instalațiile de linii electrice subfluviale de 110 kV de la Măcin și Giurgeni, s-au executat o serie de lucrări, probe și verificări în scopul îmbunătățirii stării acestora.

Succesiunea acestor operații, executate înainte de rularea cablurilor pe tambure, și rezultatele lor au fost următoarele:

— după aducerea cablurilor pe malurile Dunării, s-a trecut la delimitarea și la eliminarea porțiunilor de cablu umede;

— s-au etanșat prin capsulare capetele tuturor lungimilor de cablu;

— s-au racordat la cîte un capăt al tronsoanelor de cablu baterii de rezervoare cu elemente elastice pline cu ulei de cablu de același tip cu cel folosit inițial în aceste instalații;

— s-a efectuat vidarea tronsonului de cablu pe la celălalt capăt pînă cînd s-a atins o presiune reziduală staționară de 13,33 N/m², operație care a durat de la cîteva zeci de ore la cîteva zile;

— după atingerea acestei presiuni reziduale s-au comunicat rezervoarele și s-au umplut cablurile cu ulei;

— s-a analizat calitatea uleiului scos din cablu sub aspectul rigidității dielectrice și al conținutului de suspensii și apă;

— funcție de starea uleiului, facesta a fost circulat în circuit închis: baterie de rezervoare — cablu — degazeificator de ulei — rezervoare (fig. 10) pînă cînd conținutul de gaze reziduale n uleiul ieșit din cablu a fost de 6,665 N/m²;

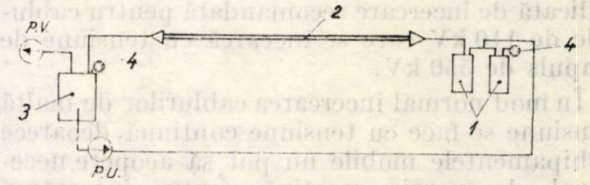


Fig. 10. Schema în circulație a uleiului în tronsonul de cablu: 1 — baterie de rezervoare; 2 — cablu 110 kV; 3 — degazeificator de ulei; 4 — manometru; PV — pompă de vid; PU — pompă de ulei.

— menținerea în cablu a unei presiuni ridicate de ulei $29{,}43 \cdot 10^4 - 39{,}24 \cdot 10^4$ N/m² pentru a facilita procesul de reimpregnare a hîrtiei și absorbția umidității și gazelor;

— executarea unor cutii terminale de probă și încercarea tronsoanelor de cablu cu tensiune redresată mărită.

Rezultatele măsurătorilor și încercărilor asupra tronsoanelor de cablu sînt prezentate în tabelul 2.

Din tabelul 2 se vede că toate tronsoanele de cablu recuperate de la Măcin au fost încercate cu 210 kV c.c. timp de 5 min, mărimi impuse de normele PE 116/1978 cu privire la încercarea cablurilor de 110 kV după reparații. Ulterior, cablurile scoase din Dunăre la Giurgeni au fost încercate în condiții mult mai severe, amplitudinea tensiunii de încercare fiind superioară

Tabelul 2

Locul de unde a fost recuperat tronsonul de cablu	Lungimea inițială Lungimea folosită la repararea cablului de la Giurgeni [m]	Anul ieșirii din funcțiune	Starea tronsoanelor de cablu la data recuperării lor	Încercarea cu înaltă tensiune: tensiune de încercare [kV c.c.]	timp de încercare [min]	curent de fugă [mA]	Observații
Giurgeni	420/368	1980	Fără presiune de ulei, cu hîrtia electroizolantă neimpregnată și cu urme de apă. La circulația uleiului se pun în evidență particule de celuloză putredă. Din punct de vedere mecanic în stare excepțională	275	15	0,15	Rigiditatea dielectrică a uleiului înainte de proba de IT a tuturor tronsoanelor de cablu 200 kV/cm²
	415/318	1980		275	15	0,10	
	300/300	1983		275	15	0,12	
	215/0			275	15	0,10	
	205/205			275	15	0,09	
	198/198			275	15	0,08	
Măcin	123/123		Toate cablurile de la Măcin aveau armătura de protecție mecanică corodată	210	5	0,02	Referitor la tronsonul la cablu de la poz. 9, cablul a stat fără presiune de ulei din 1974 pînă în 1983, cînd s-a executat o cutie terminală provizorie
	302/302			210	5	0,02	
	359/340	1974	Cu presiune de ulei, dar cu coeficient de impregnare foarte slab	210	5	0,03	
	366/75 + 130	1978		210	5	0,03	
	349/349	1978	Fără presiune de ulei	210	5	0,03	

celei de la încercarea de punere în funcțiune în 1960 și respectiv 1966. Motivul acestei încercări, atît de severe, a fost acela de a verifica în condiții extreme de funcționare calitatea cablurilor și accesoriilor. Spunem că tensiunea de 275 kV c.c. reprezintă o condiție extremă, deoarece în conformitate cu CEI 141/1-1978 această valoare reprezintă tensiunea cea mai ridicată de încercare recomandată pentru cablurile de 110 kV care se încearcă cu tensiune de impuls de 550 kV.

În mod normal încercarea cablurilor de înaltă tensiune se face cu tensiune continuă, deoarece echipamentele mobile nu pot să acopere necesarul de energie reactivă pentru încercarea cu tensiune alternativă, tensiune care ar scoate în evidență mai clar calitatea acestora și în mod deosebit ionizarea incluziunilor și rezistența la descărcări parțiale. Considerentele menționate ne-au determinat ca înaintea demarării lucrărilor de manșonare a tronsoanelor de cablu între ele să le supunem unei încercări la tensiunea de serviciu, pe parcursul a 8 zile.

După cum este bine cunoscut, cablurile de 110 kV izolate cu hîrtie impregnată cu ulei fluid sub presiune achiziționate în ultimii ani folosesc ulei sintetic de tipul dodecilbenzen care are calități net superioare uleiului mineral folosit cu ani în urmă în aceste instalații. În consecință s-a înlocuit uleiul mineral din tronsoanele de cabluri defecte cu ulei sintetic.

În urma acestei operații a crescut coeficientul de impregnare de la aproximativ $5 \cdot 10^{-3}$ cm²/daN la valori apropiate de cele ale unui cablu nou, la aproximativ $6 \cdot 10^{-4}$ cm²/daN, iar rigiditatea dielectrică a uleiului a fost doar în cîteva cazuri puțin mai mică de 240 kV/cm. S-a putut trece la operațiile de manșonare și de lansare a cablului în Dunăre.

1.5. Joncționarea tronsoanelor de cablu și lansarea lor în Dunăre

În figura 11 sînt prezentate cele trei cabluri reparate, cu precizarea lungimilor de cablu, a locului de unde provin și a tipului de manșon folosit.

În principiu, operațiunile de manșonare și lansare a cablurilor în albia Dunării s-au efectuat într-o succesiune care să permită verificarea întregii bucăți de cablu înainte și după lansarea în Dunăre.

Spre exemplificare redăm etapele reparării fazei R circuit II, după cum urmează :

— pozarea tronsonului de cablu de 415 m în șanț de pămînt între cheson și albia Dunării, iar în continuare legarea lui pe butoaie în apă în apropierea malului dobrogean în amonte față de cheson ;

— legarea pe butoaie, în amonte față de primul tronson, a tronsonului de 205 m și lansarea lui în apă în vecinătatea malului ;

— fixarea pe un flotor special amenajat, alimentat cu energie electrică și protejat cu cort impermeabil, a capetelor celor două tronsoane ce urmau să fie joncționate ;

— execuția manșonului 6 (fig. 11) ;

— legarea pe butoaie și lansarea în apă a tronsonului de 302 m ;

— mutarea flotorului amenajat în punctul de întîlnire a tronsoanelor 2 și 3 ;

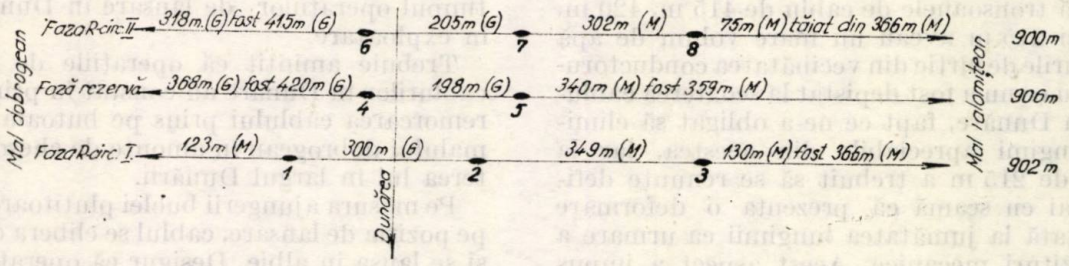
— execuţia manşonului 7 şi a cutiei terminale de pe cheson;

— execuţia unei cutii terminale de probă la capătul tronsonului 3 (302 m) pe un flotor amenajat în acest sens;

— încercarea celor trei tronsoane joncţionate cu tensiune redresată mărită de 250 kV timp de 10 minute, pentru a verifica manşoanele şi cutiile terminale executate;

— lansarea în albia Dunării a lungimii de cablu realizată din joncţionarea celor trei tronsoane;

— repetarea probei cu tensiune redresată mărită 220 kV timp de 5 minute, pentru a verifica cablul după lansare;



Fg. 11. Situaţia definitivă a lungimilor de cablu joncţionate pentru repararea fazei de rezervă şi a fazelor R-circuit I şi II: M — cablu provenit de la Măcin; G — cablu provenit de la Giurgeni — Vadul Oii.

Notă: Manşoanele executate sînt de următoarea proveniență: 1,3 — varianta BICC mici, folosite la cablurile cu conductor de Al 500 mm² (generaţia 1970); 2, 4, 6 — varianta BICC mari, folosite la cablurile cu conductor de Al 500 mm² (generaţia 1980); 5, 7 — varianta Pirelli, rezultate din demontări de la Măcin (1966); 8 — varianta Pirelli, din stocul de securitate al IRE Constanţa (1960).

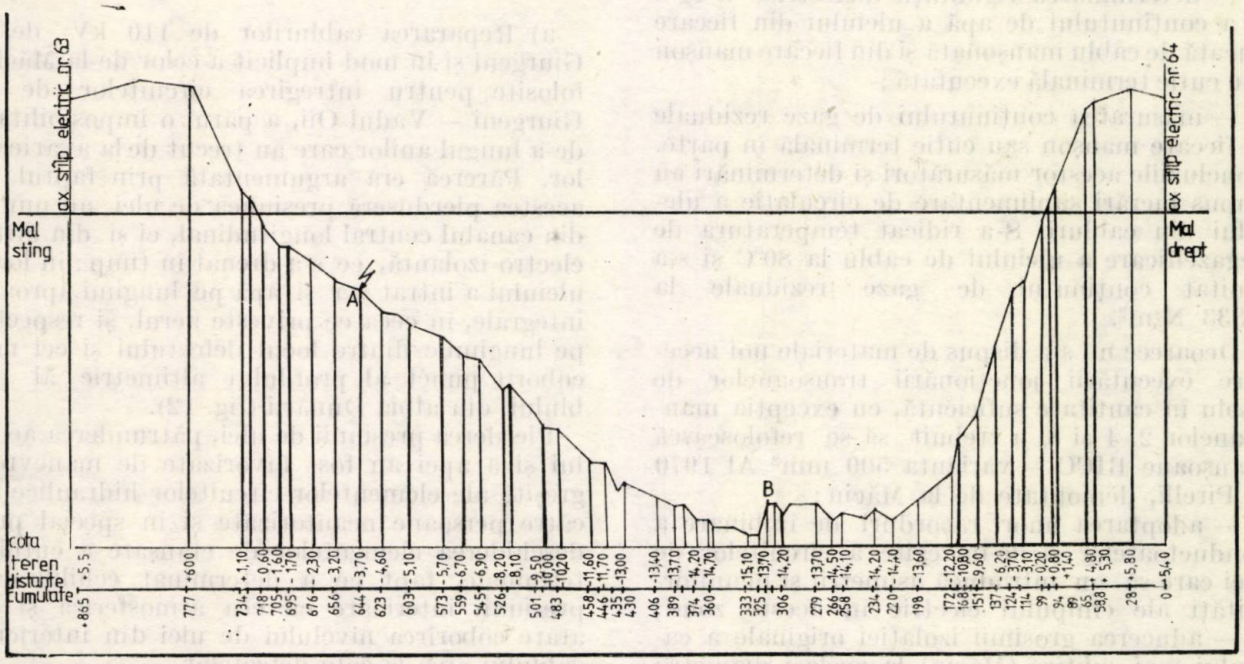


Fig. 12. Profilul transversal al Dunării în zona cablurilor de 110 kV de la Giurgeni: A — punctul de lovire a cablurilor de 110 kV; B — punctul pînă la care a pătruns apa în cablurile avariate.

Tabelul 3

Denumirea cablului		Tensiunea la care s-a măsurat tg δ	Valoarea tg δ	Observaţii
Cabluri reparate	R I	6 kV	$11,5 - 10^{-3}$	Conţine tronsonul de 349 m provenit de la Măcin
	R II	6 kV	$8,5 - 10^{-3}$	
	Cablu de rezervă	6 kV	$9 - 10^{-3}$	
Cabluri în funcţiune	S I	6 kV	$7,5 - 10^{-3}$	
	S II	6 kV	$6,5 - 10^{-3}$	
	T I	6 kV	$8,7 - 10^{-3}$	
	T II	6 kV	$9,5 - 10^{-3}$	

— pozarea tronsonului de cablu de pe malul stîng al Dunării (75 m) și manșonarea lui cu lungimea de cablu lansată în Dunăre;

— execuția cutiei terminale de pe malul stîng;

— efectuarea probelor de ulei și încercarea cu tensiune redresată mărită de 210 kV timp de 5 minute în vederea punerii în funcțiune.

Pe parcursul lucrărilor de manșonare s-a constatat că tronsoanele de cablu de 415 m, 420 m, 198 m și 215 m aveau un mare volum de apă în straturile de hîrtie din vecinătatea conductorului, lucru ce nu a fost depistat la scoaterea cablurilor din Dunăre, fapt ce ne-a obligat să eliminăm lungimi apreciabile din acestea, iar la bucata de 215 m a trebuit să se renunțe definitiv mai cu seamă că prezenta o deformare pronunțată la jumătatea lungimii ca urmare a unei lovituri mecanice. Acest aspect a impus efectuarea unor probe și verificări suplimentare, cum ar fi:

— verificarea hîrtiei de cablu la fiecare manșon în parte din punctul de vedere al conținutului de apă;

— determinarea rigidității dielectrice a tg δ și a conținutului de apă a uleiului din fiecare bucată de cablu manșonată și din fiecare manșon sau cutie terminală executată;

— măsurarea conținutului de gaze reziduale la fiecare manșon sau cutie terminală în parte. Concluziile acestor măsurători și determinări au impus lucrări suplimentare de circulație a uleiului din cabluri. S-a ridicat temperatura de degazeificare a uleiului de cablu la 80°C și s-a limitat conținutul de gaze reziduale la 1,333 N/m^2.

Deoarece nu s-a dispus de materiale noi necesare executării joncționării tronsoanelor de cablu în cantitate suficientă, cu excepția manșoanelor 2, 4 și 8, a trebuit să se refolosească manșoane BICC — varianta 500 mm^2 Al 1970 și Pirelli, demontate de la Măcin;

— adoptarea unor racorduri de îmbinare a conductoarelor și de întregire a circuitelor de ulei care să nu introducă asimetrii și neuniformități ale cîmpului electric în aceste zone;

— aducerea grosimii izolației originale a cablului mai subțire (Măcin) la același diametru cu al cablului mai gros, în speță cu al celui de la Giurgeni, lucru ce s-a efectuat prin înfășurare în straturi suprapuse de benzi de hîrtie electroizolantă de 20 mm lățime și 0,1 mm grosime;

— întărirea în continuare a izolației terminațiilor cablurilor prin înfășurarea suplimentară a unui număr de 10—20 straturi din hîrtia menționată;

— folosirea rolelor late de hîrtie rezultate din demontări s-a făcut în așa fel încît să fie respectate cotele și dimensiunile manșoanelor inițiale prevăzute de la furnizori și tipuri de cabluri diferite;

— demontarea manșoanelor s-a făcut în condiții extreme de curățenie, iar remontarea numai după o încălzire prealabilă de circa 4 ore în ulei de cablu la 80°C;

— vidarea cu ulei comunicat la capetele tronsoanelor de cablu joncționate, s-a făcut timp de minimum 12 ore din momentul atingerii presiunii reziduale a gazelor de 6,665 N/m^2;

— realizarea unor manșoane de joncțiune care să reziste electric atît solicitărilor mecanice din timpul operațiilor de lansare în Dunăre, cît și în exploatare.

Trebuie amintit că operațiile de lansare a cablurilor în Dunăre au constat în principiu din remorcarea cablului prins pe butoaie în lungul malului dobrogean în amonte de cheson și scoaterea lui în largul Dunării.

Pe măsura ajungerii buclei plutitoare de cablu pe poziția de lansare, cablul se elibera de butoaie și se lansa în albie. Desigur că operațiile nu au fost simple și au reclamat amenajări speciale, un mare număr de flotoare și șalupe-remorcher, multă experiență.

Concluzii

a) Repararea cablurilor de 110 kV de la Giurgeni și în mod implicit a celor de la Măcin, folosite pentru întregirea circuitelor de la Giurgeni — Vadul Oii, a părut o imposibilitate de-a lungul anilor care au trecut de la avarierea lor. Părerea era argumentată prin faptul că acestea pierduseră presiunea de ulei nu numai din canalul central longitudinal, ci și din hîrtia electro-izolantă, ce s-a drenat în timp; în locul uleiului a intrat aer și apă pe lungimi aproape integrale, în ceea ce privește aerul, și respectiv pe lungimile dintre locul defectului și cel mai coborît punct al profilului altimetric al cablului din albia Dunării (fig. 12).

Pierderea presiunii de ulei, pătrunderea aerului și a apei au fost favorizate de manevrele greșite ale elementelor circuitelor hidraulice de către persoane neautorizate și în special prin deschiderea elementelor de etanșare a cutiilor terminale, fapt ce a determinat echilibrarea presiunii interioare cu cea atmosferică și ca atare coborîrea nivelului de ulei din interiorul cablului pînă la cota defectelor.

b) Prin probele și verificările parțiale ale tronsoanelor de cablu folosite și ulterior prin comportarea lor la punerea sub tensiune, s-a confirmat încă o dată calitatea și limitele deosebit de largi în care pot funcționa aceste cabluri. S-a văzut că tronsoanele de cablu recuperate din Dunăre la Giurgeni au fost încercate după un tratament sumar (vidare și umplere cu ulei mineral) cu tensiunea de 275 kV c.c. cu valori corespunzătoare ale curentului de fugă. Mai mult, au fost ținute sub tensiunea de serviciu 8 zile, cu rezultate bune. Ulterior, pe parcursul operațiilor de manșonare, s-a constatat că tronsoanele de cablu astfel încercate, aveau lungimi variind între 50 și 100 m cu cîte 10—15

straturi de hîrtie din vecinătatea conductoarelor umede sau putrezite, că izolația de hîrtie era complet drenată de uleiul de cablu și că datorită lucrărilor de scoatere din albia Dunării acestea au suferit serioase eforturi și deformări ale geometriei lor. Toate acestea confirmă geniala realizare a cablurilor de tipul OF de acum 60 de ani, care nu sînt și nu vor fi mult timp egalate de cablurile cu izolație uscată de tipurile PE, XLPE sau EPR. De asemenea, trebuie subliniat faptul că după efectuarea probelor menționate mai sus, prin înlocuirea uleiului mineral cu ulei sintetic de tipul dodecilbenzen s-a reușit îmbunătățirea coeficientului de impregnare, a rigidității dielectrice a uleiului și implicit a factorului de pierderi dielectrice, care în final au ajuns la valori comparabile cu ale cablurilor aflate în exploatare (tabelul 2).

c) Operațiile de vidare și reimpregnare a izolației cablurilor s-au desfășurat pe parcursul a circa 4 luni în cicluri alternative: pompare ulei pe la unul din capetele cablurilor și scoaterea pe la celălalt sub acțiunea pompelor de vid, apoi menținerea sistemului hidraulic al cablurilor circa 20 ore sub presiuni de ulei, de pînă la $49{,}05 \cdot 10^4$ N/m^2, după care se relua circulația uleiului. Metoda aplicată a favorizat schimbarea uleiului din cablu încărcat cu gaze și umiditatea absorbită din hîrtia electroizolantă.

d) La data de 15 mai 1984 cablurile reparate au fost puse în funcțiune, astfel că s-a reîntregit LEA 110 kV dublu circuit Gura Ialomiței — Hîrșova.

Bibliografie

[1] Barnes, C. C. *Power Cables. Their design and installation.* London 1966.
[2] * * * *Oil filled cable systems BICC* — 1970.
[3] Gosling, C. H. *Cables and cable system.* London 1966.
[4] Clarke, D. J. *System design.* London 1966.
[5] Newman, J. E. *Proving and type approval test* — London 1966.
[6] * * * PE 116/1978. *Normativ de încercări și măsurători la echipamente și instalații electrice.*
[7] Bazzi, G. *Riduzione delle perdite nelle guaine metalliche.*
[8] Arman, A. N., Miranda, F. J. *Progress in oil-filled cables and their accesiories,* 1975.
[9] Pelagatii, U. A., Miranda, F. J. *Improved ageing characteristics of oil filled cable dielectric due to Alkylbenzen as low viscosity impregnant* 1976.

(Primit la 18 octombrie 1984, acceptat la 24 ianuarie 1985)

Manifestări tehnico-științifice

Manifestări tehnico-științifice interne în anul 1985

1. Sesiune tehnico-științifică cu tema *„Tehnologii actuale și de perspectivă — implicații tehnice și umane"*
   Organizatori : Casa de Știință și Tehnică pentru Tineret Brașov
   Locul : Brașov
   Data : 10—11 mai 1985
2. Simpozion cu tema : *„Valorificarea superioară a energiei".*
   Organizatori : CIRE — IEIRIEDEET Suceava
   Locul : Suceava
   Data : mai 1985
3. Sesiunea tehnico-științifică cu tema *„Probleme actuale ale cercetării, proiectării tehnologice și industriei în energetica nucleară"*
   Organizatori : IRNE Pitești și Uzina „G"
   Locul : Pitești — Platforma Colibași
   Data : 6—7 iunie 1985
4. Simpozion cu tema *„Fiabilitatea instalațiilor energetice"*
   Organizatori : ISPE
   Locul : Pitești
   Data : iunie 1985
5. Simpozion cu tema *„Utilizarea surselor noi de energie și a celor refolosibile"*
   Organizatori : ICCE — DT SNRE—M.E.E.
   Locul : Oradea — Felix
   Data : septembrie 1985
6. Simpozion cu tema *„Tehnologii pentru utilizarea combustibililor inferiori la producerea energiei electrice și termice. Disponibilitatea grupurilor de mare putere funcționînd pe combustibili inferiori*
   Organizatori : CIPEET și ICEMENERG
   Locul : Deva
   Data : octombrie 1985
7. Consfătuire cu tema *„Economisirea și folosirea rațională a energiei electrice și termice în industrie, construcții, transporturi și agricultură"*
   Organizatori : ICCE și DT SNRE — M.E.E.
   Locul : Cluj-Napoca
   Data : 10—11 octombrie 1985
8. *A IV-a Conferință de Construcții Metalice* (cu participare internațională)
   Organizator : CNIT
   Locul : Timișoara
   Data : 11—13 octombrie
9. Sesiune de comunicări cu tema : *Tehnologii actuale și de perspectivă în fabricația utilajelor grele"*
   Organizator : Combinatul de Utilaj Greu Iași
   Locul : Iași
   Data : 17—18 octombrie
10. Consfătuirea termoenergeticienilor
    Organizatori : ISPE—Facultatea de Energetică—I.P.B.
    Locul : Brașov
    Data : noiembrie 1985
11. *Sesiunea de comunicări științifice a tinerilor absolvenți*
    Organizator : Institutul Politehnic „Traian Vuia" Timișoara
    Locul : Timișoara
    Data : 1—2 noiembrie
12. A IX-a Conferință de instalații *„Creșterea eficienței instalațiilor de construcții și pentru noile surse de energie"*
    Organizator : CNIT
    Locul : Sinaia
    Data : trimestrul IV

Notă. Redacția revistei nu răspunde de modificările intervenite ulterior.

Evaluarea sarcinilor electrice de calcul în rețelele electrice de distribuție

Dr. ing. Traian-G. Ionescu, ing. Marina Neagoe*

Descriptori: rețele electrice, consumatori de energie electrică

Evaluation of Electrical Computation Loads in Electric Distribution Networks

(Condensed from the paper in Romanian)

General Considerations

The correct establishing of electrical computation loads (in what regards the studies of electrical networks) constitutes the safest way for the rational dimensioning of the elements of an electric network. Possible errors in the dimensioning of these loads can lead to unjustifiable expenses for the electrical network, in the case in which they have been over-evaluated or to the necessity to develop the network before the established term, in the case of their under-evaluation.

By the calculation of the electrical loads one understands the estimation of the required power and of the electricity consumption of a network or a consumer at a given moment.

The modelling of the consumers' load curves is performed depending on the primary data existing with the operation enterprises and it is based, generally, on three types of information, i.e.:

— information regarding the load graph of the main section of the electrical line which supplies a consumers' group;

— information regarding the load variation character in the respective node or of the most characteristic consumer from that node;

— information regarding the electrical energy consumption.

From the measurements carried out for the determination of load graphs with the household and social-cultural consumers for several years on a sample of about 3900 subscribers from a rural and urban area, among the parameters noted down for the characterization of the consumers there is also the annual electricity consumption. For the time being, this consumption represents an important characteristic of a subscriber, establishing the mathematical formula by which the power required by the latter one can be determined quite simply.

For the household consumers the load model established on the basis of correlation laws, has the shape:

$$P_{max} = aW + b\sqrt{W}, \text{ [kW]}$$

where:

P_{max} is the average active power absorbed during the period of maximum consumption, in kW;

W —the electricity consumed by a subscriber during one year, in kWh;

a, b—coefficients. For the urban household consumers with district heating for space heating and natural gases at the kitchens (which is in fact the characteristic urban household consumer in Romania), the coefficients a and b have the following values:

$$a = 0.001; \quad b = 0.01$$

This formula called "energy-power correlation" enables to take into account the electricity consumption through the term W.

1. Establishing the specific load graph parameters for urban and rural household consumers, on the basis of measurements

In order to determine the electricity consumption structure with urban and rural household consumers some measurements have been carried out by registrating the active and reactive load graphs with registration equipment of WATT-REG type. The measurements campaign was begun in 1981 and it continued until the end of 1984.

The measurements were carried out at about 3500 subscribers from the urban area living in blocks of flats with district heating network for space heating and hot household water preparation and natural gases or electricity in the kitchens.

The blocks of flats have been chosen from new quarters having a ground floor + 4 floors, 6,..., 10 floors. Another condition was for them to have a minimum 5 years since their building, so that the consumers should be allowed a corresponding electric household apparata endowment.

At the household consumers from the rural and agricultural industrial localities the load measurements have been carried out at abour 400 subscribers. There have been chosen consumers with individual households from rural areas as well as consumers living in blocks of flats with ground floor plus 2 or 4 floors, from agricultural industrial settlements.

At the household consumers where measurements have been carried out some investigations were also performed and their results noted on typified questionnaires for establishing some average installed powers, for different consumers categories and for establishing the endowment degree with electric household devices of the household subscribers.

With every measurement location the load graphs have been registered for 7 days, including also a holiday.

From the load graphs average data regarding the main indicators' values which characterize the load curves of urban and rural household consumers were extracted, resulting with the following values:

	Urban	Rural
— Average active power absorbed during the maximum consumption period (load peak) for a flat or house P_{max} (kW)	0.4	0.26
— Reactive average power absorbed during the load peak for a flat or house Q_{max} (kvar)	0.14	0.17
— Maximum active power utilization time T_{maxP} (h/year)	3500	3360
— Average load factor		
— during the night gap	0.76	0.76
— during the morning peak	0.82	0.8
— during the day	0.79	0.82
— during the evening peak	0.92	0.87

It is worth mentioning that the average active and reactive powers absorbed during the load peak for every flat or house and presented above also have been established at the transformer substation, on its low voltage bus.

It results thus, that the power factor has sensibly smaller values in the low voltage distribution networks as compared to the values considered at present for the design. This fact can influence to a large extent the compensation solutions of the reactive power in the low voltage electric networks.

On the occasion of the measurements campaign carried out in the urban and rural electric distribution networks a series of typified questionnaires were filled out.

From processing the data of these questionnaires the following statistical situation has resulted, for the household consumers from an urban area living in two or three rooms flats

* Dr. ing. Traian — G. Ionescu, ing. Marina Neagoe — cercetători științifici la ICEMENERG București

with district heating and natural gases with the kitchens and for the household rural consumers with individual houses:

	Urban	Rural
— Average installed power per flat or house (kW)	3.2	2.4
— Average power installed per living surface unity (kW/m²)	0.10	0.057
— Average energy consumed per flar or house (kWh/year.flat)	1020	850
— Average annual energy consumed per living surface unity (kWh/year.m²)	32.5	21
— Average annual energy consumed per person (kWh/year.person)	313	238

2. Establishing the specific load graphs parameters for urban and rural social-cultural consumers

During the measurements campaign from 1981—1984, load characteristics registrations were carried out as well with a number of social-cultural consumers, i.e.:shopping centers, shops, schools, kindergartens, cinema halls, theaters, houses of culture, repairment shops, etc.

With these consumers' categories there have been registered: the electricity consumed during a time interval, the maximum (active and reactive) power absorbed, the specific elements which characterize these consumers, such as: the surface occupied, in m², the number of seats in cinema halls, theaters, houses of culture, the number of medical cabinets, the number of students in schools, etc.

Table 8 gives tne specific annual electricity consumptions with a series of social and cultural consumers and the number of maximum active power utilization hours, in h/year, while Table 9 gives the specific calculation power with these consumers as well as the average power factor depending on the consumer type.

The measurements' volume with social cultural consumers was relatively low and therefore the values obtained and presented in Tables 8 and 9 have a low trust degree.

3. Establishing the stimultaneity coefficients for a consumers, group based on the measurements carried out

The simultaneity coefficient k_s represents the contribution of a consumer k from a certain network node with the load curve and is defined as the ratio between the maximum power required by the consumer ($P_{k\,max}$) within the respective node and its calculation power (P_{ki}):

$$k_s = \frac{P_{k\,max}}{P_{ki}}.$$

For establishing the simultaneity coefficients, measurements, for consumers' groups between 10 and 160 consumers, have been carried out.

As a result of the interpretation of the measurements' results a mathematical formula for the simultaneity coefficient k_s has been carried out which reproduces quite closely the real curve.

This formula, established by the regression method has the shape:

$$k_s = \alpha + (1 - \alpha)\frac{1}{\sqrt{N}},$$

where α is a constant depending on the consumers' nature and which is determined experimentally, while N, the number of simultaneously supplied consumers.

For the household consumers, for α, the following values can be taken:

— for a number of 2 up to 9 consumers, $\alpha = 0.35$;

— for a number of 10 up to 39 consumers, $\alpha = 0.12$;

— for 40 consumers and more, $\alpha = 0.07$.

The simultaneity coefficients values k_s resulted from the measurements carried out as well as those obtained by applying the above formula are noted in Table 10.

Considerații generale

Stabilirea corectă a sarcinilor electrice de calcul (în sensul studiilor de rețele electrice) constituie calea cea mai sigură pentru o dimensionare rațională a elementelor unei rețele electrice.

Erorile posibile în dimensionarea acestor sarcini pot conduce la cheltuieli nejustificate pentru rețeaua electrică, în cazul în care sarcinile au fost supraevaluate, sau la necesitatea dezvoltării rețelei înainte de termenul stabilit, în cazul unei subevaluări a acestora.

Prin calculul sarcinilor electrice se înțelege estimarea puterii cerute și a consumului de energie electrică al unei rețele sau al unui consumator la un moment dat.

Prin nod de sarcină se înțelege locul de aplicare a uneia sau mai multor sarcini electrice elementare într-o rețea. Acest nod de sarcină poate fi amplasamentul unui post de transformare MT/JT, al unui consumator (abonat casnic etc.) sau al unui grup de consumatori alimentați simultan (abonați sociali-culturali, edilitari etc.), consumatori racordați, de regulă, la rețeaua de joasă tensiune.

Se cunosc, în general, trei căi de obținere a informațiilor referitoare la sarcinile electrice și anume:

— Teletransmisia sarcinilor din nodurile rețelei. În acest caz este nevoie de un număr mare de traductoare și de o rețea importantă de telecanale, informațiile fiind transmise la un punct de dispecer care le stochează, fie pe benzi magnetice, fie în niște registre de memorie.

— Utilizarea unor dispozitive semiautomate locale, de măsurare a sarcinilor, datele obținute fiind înregistrate într-o memorie, sau pe niște role de hîrtie, în cazul utilizării aparatelor înregistratoare (aparate de înregistrate a puterilor active și reactive de tip WATTREG).

— Utilizarea informației primare privind sarcinile electrice. Aceste informații necesită efectuarea de măsurători ale sarcinilor la consumatori în anumite perioade caracteristice (iarnă, vară, zi lucrătoare, zi de sărbătoare etc.), după care se prelucrează rezultatele măsurătorilor efectuate. Prin această metodă informațiile sînt incomplete, dar pe baza lor se pot determina

cele mai probabile valori ale sarcinilor electrice din nodurile rețelei.

Modelarea curbelor de sarcină ale consumatorilor se poate face în funcție de datele primare existente la întreprinderile de exploatare și se bazează, în general, pe trei tipuri de informații, și anume :

— informații privind graficul de sarcină al sectorului principal al liniei electrice care alimentează un grup de consumatori ;

— informații privind caracterul variației sarcinii în nodul respectiv sau al consumatorului cel mai caracteristic din nodul respectiv ;

— informații privind consumul de energie electrică.

Din acest punct de vedere se precizează : din măsurătorile întreprinse pentru determinarea graficelor de sarcină la consumatorii casnici și sociali-culturali, care s-au desfășurat în decurs de mai mulți ani, pe un eșantion de aproximativ 3900 abonați din mediul urban și rural, s-a observat că, printre parametrii reținuți pentru a caracteriza consumatorii figurează și consumul anual de energie electrică. În prezent, acest consum reprezintă o caracteristică importantă a unui abonat, stabilindu-se și formula matematică prin care se poate determina, în mod simplu, puterea cerută de către acesta [5, 7].

Formula obținută pentru modelul de sarcină reprezintă rezultatul calculelor cu caracter statistic. Avantajul acestui model de sarcină este de a furniza rezultate generale, plecînd de la un eșantion de curbe de sarcină.

Această generalizare prezintă inconvenientul că un model statistic, fondat pe legea numerelor mari, nu poate fi aplicat corect în toate cazurile particulare.

Trebuie deci să se admită că modelul de sarcină stabilit (ca de altfel toate modelele statistice) nu va da rezultate bune într-un număr de cazuri particulare.

Pentru consumatorii casnici modelul de sarcină stabilit pe baza legii de corelație este de forma :

$$P_{max} = aW + b\sqrt{W}, \text{[kW]} \qquad (1)$$

în care : P_{max} este puterea activă medie, absorbită în perioada de consum maxim, în kW ;

a, b — coeficienți fără semnificație intrinsecă ;

W — energia electrică consumată de un abonat în decurs de un an, în kWh.

Altfel spus, legea de probabilitate a puterii cerute la un moment dat de un consumator la orele de vîrf nu depinde decît de un singur parametru și anume de consumul anual de energie electrică, ceea ce constituie un fapt deosebit de interesant.

Această formulă denumită „de corelație energie-putere" permite să se țină seama de creșterea consumului de energie electrică prin termenul $\sqrt{W}$.

Se precizează că o formulă similară a fost prezentată și în literatura franceză de specialitate [6].

Pentru consumatorii casnici urbani care au sistem de termoficare pentru încălzirea spațiilor și a apei menajere și gaze naturale la bucătării (care este de altfel consumatorul casnic urban caracteristic de la noi din țară), coeficienții a și b au următoarele valori : $a = 0{,}0001$; $b = 0{,}01$.

1. Stabilirea parametrilor specifici graficelor de sarcină la consumatorii casnici din mediul urban și rural, pe baza măsurătorilor efectuate

În vederea determinării structurii consumului de energie electrică la consumatori casnici din mediul urban și rural s-au efectuat măsurători prin ridicarea diagramelor de sarcină activă și reactivă, cu aparate înregistratoare de tip WATTREG, la o serie de consumatori casnici din mediul urban și rural.

Campania de măsurători a început în anul 1981 și a continuat pînă în anul 1984 inclusiv [2, 3].

La consumatorii casnici din mediul urban măsurătorile s-au efectuat la un număr de circa 3500 abonați, care locuiesc în blocuri prevăzute cu sistem de termoficare pentru încălzirea spațiilor și prepararea apei calde menajere și gaze naturale sau plite electrice la bucătării. Blocurile au fost alese din cartiere noi de locuințe avînd P + 4 etaje, P + 6, . . ., P + 10 etaje și două sau mai multe scări. S-a ținut seama ca blocurile de locuințe să aibă un minimum de 5 ani de la darea lor în folosință, astfel încît consumatorii să ajungă la o dotare corespunzătoare cu aparate electrocasnice

La consumatorii casnici din localitățile rurale și agro-industriale măsurători de sarcină s-au efectuat la circa 400 abonați. Au fost aleși atît consumatori cu gospodării individuale din mediul rural, cît și consumatori care locuiesc în blocuri cu P + 4 etaje din localitățile agro-industriale.

La consumatorii casnici la care s-au făcut măsurători s-au efectuat și sondaje, ale căror rezultate s-au consemnat în chestionare tip în vederea stabilirii unor puteri instalate medii pe diverse categorii de consumatori și pentru determinarea gradului de dotare cu aparate electroreceptoare a abonaților casnici.

Ca o remarcă generală, la abonații casnici la care s-au efectuat măsurători și completat chestionare tip, atît la cei din mediul urban, cît și la cei din mediul rural, există o dotare cores-

punzătoare cu aparate electrocasnice, fiind preponderente la acești consumatori aparate ca : frigidere cu compresor, mașini de spălat rufe, mașini de călcat electrice, televizoare, aparate de radio etc. În schimb nu se întînesc în dotare aparate pentru purificarea și condiționarea aerului, precum și o gamă mai largă de aparate electrice în gospodăriile din mediul rural, cum ar fi : mașini de tuns iarba, mulgătoare electrice, ferăstraie etc.

La fiecare punct de măsură diagramele de sarcină s-au ridicat pe o perioadă de 7 zile, incluzînd , deci, și o zi de repaus.

Din diagramele ridicate s-au extras date cu privire la valorile principalilor indicatori care caracterizează curbele de sarcină ale consumatorilor casnici, cum ar fi :

— Puterea activă medie, absorbită în perioada de consum maxim (la vîrful de sarcină) : P_{max} [kW]
— Puterea reactivă medie, absorbită la vîrful de sarcină : Q_{max}[kvar]
— Energia activă consumată sau transferată într-un punct de livrare, într-un interval de timp (de exemplu, an) : W_a[kW h/an]
— Energia reactivă consumată sau transferată printr-un punct de livrare, într-un interval de timp (de exemplu, an) : W_r[kvarh/an]
— Timpul de utilizare a puterii active maxime :

$$T_{max\,P} = \frac{W_a}{P_{max}} = \frac{\sum_{k=1}^{N} P_k \Delta t_k}{P_{max}}, \text{ [h/an]} \qquad (2)$$

în care N este numărul de consumatori
— Timpul de utilizare a puterii reactive maxime :

$$T_{max\,Q} = \frac{W_r}{Q_{max}} = \frac{\sum_{k=1}^{N} Q_k \Delta t_k}{Q_{max}} \text{ [h/an]} \qquad (3)$$

— Factorul de putere mediu :

$$\cos \varphi_{med} = \frac{1}{N} \cdot \frac{\sum_{k=1}^{N} P_k}{\sum_{k=1}^{N} (\sqrt{P_k^2 + Q_k^2})} \qquad (4)$$

— Coeficientul de variație :

$$C_v = \frac{\sqrt{\overline{P^2} - (\overline{P})^2}}{\overline{P}}, \qquad (5)$$

în care P este puterea activă medie cerută la un moment dat de un nod de sarcină.

Din diagramele de sarcină ridicate pentru consumatorii casnici s-au extras valori pentru puterile active și reactive, din oră în oră, pe intervalul celor 24 de ore ale unei zile, atît pentru zile lucrătoare, cît și pentru zilele de repaus.

Cu aceste date s-au trasat cîteva diagrame de sarcină pentru consumatorii casnici din mediul urban (fig. 1) și pentru un grup de consumatori casnici din mediul rural (fig. 2), grafic ridicat pe barele de joasă tensiune ale unui post de transformare. Pe diagrame s-au reprezentat în ordonată puterile active P, reactive Q și factorul de putere cos φ, respectiv tg φ, iar în abscisă, ora din zi. Graficele obținute se pot considera ca diagrame de sarcină tip pentru consumatorii casnici, deoarece ele se regăsesc ca alură în majoritatea cazurilor studiate [1].

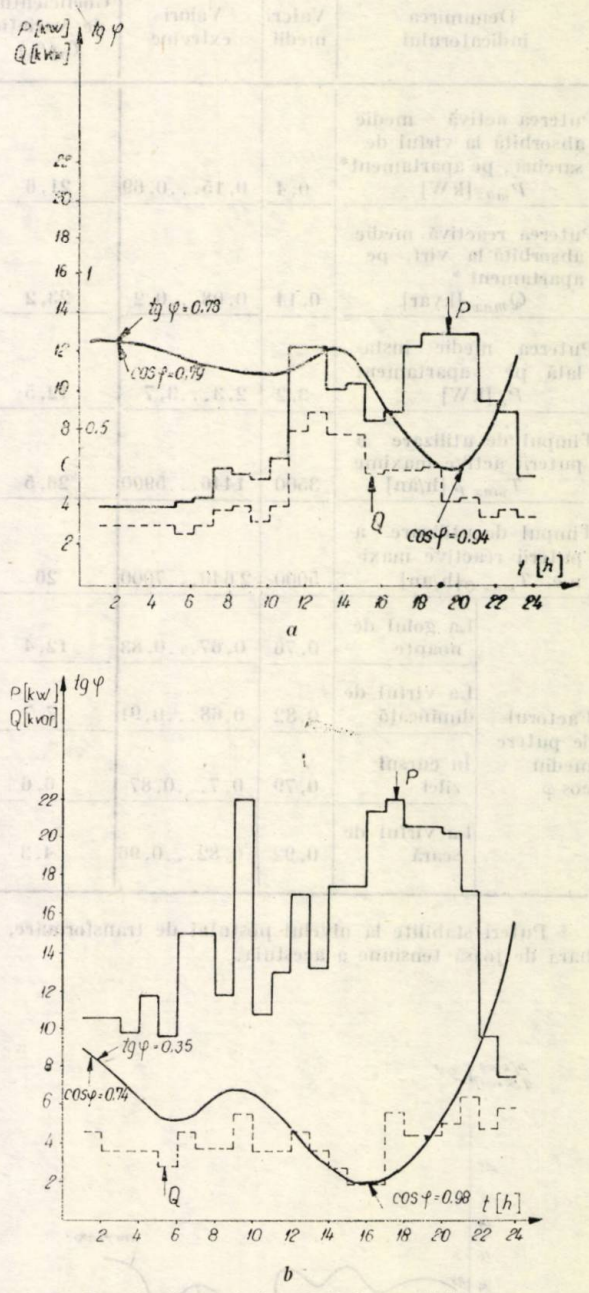


Fig. 1. Grafice tip de sarcină activă și reactivă, pentru consumatorii casnici din mediul urban : a — zi lucrătoare ; b — zi de repaus.

În tabelul 1 sînt indicate valorile principalilor indicatori ai graficelor de sarcină care au rezultat în urma măsurătorilor efectuate la consumatorii casnici din mediul urban cu sistem de termoficare și gaze naturale la bucătării. De altfel, acesta este consumatorul casnic caracteristic de la noi din țară, din mediul urban.

Tabelul 1

Valorile principalilor indicatori ai graficelor de sarcină rezultați în urma măsurătorilor efectuate, la un număr de circa 3500 consumatori casnici din mediul urban, care au sistem de termoficare și gaze naturale la bucătării

Denumirea indicatorului		Valori medii	Valori extreme	Coeficientul de variație C_v(%)
Puterea activă medie absorbită la vîrful de sarcină, pe apartament* P_{max}[kW]		0,4	0,15...0,69	21,6
Puterea reactivă medie absorbită la vîrf, pe apartament * Q_{max} [kvar]		0,14	0,08...0,2	23,2
Puterea medie instalată pe apartament P_i [kW]		3,2	2,3...3,7	12,5
Timpul de utilizare a puterii active maxime $T_{max\,P}$ [h/an]		3500	1446...5900	26,5
Timpul de utilizare a puterii reactive maxime, $T_{max\,Q}$ [h/an]		5000	2 640...7000	26
Factorul de putere mediu cos φ	La golul de noapte	0,76	0,67...0,83	12,4
	La vîrful de dimineață	0,82	0,68...0,91	7,7
	În cursul zilei	0,79	0,7...0,87	6,6
	La vîrful de seară	0,92	0,82...0,96	4,3

* Puteri stabilite la nivelul postului de transformare, pe bara de joasă tensiune a acestuia.

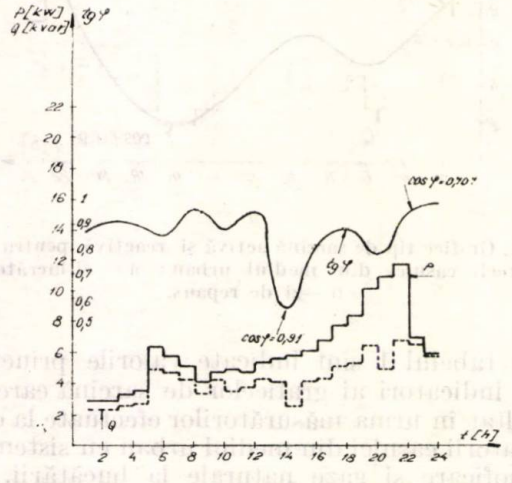


Fig. 2. Grafic tip de sarcină activă și reactivă, obținut pe barele de joasă tensiune ale unui post de transformare, dintr-o rețea rurală.

Tabelul 2

Valorile principalilor indicatori ai graficelor de sarcină care au rezultat în urma măsurătorilor efectuate, la un număr de circa 400 consumatori casnici din mediul rural, cu gospodării individuale

Denumirea indicatorului		Valori medii	Valori extreme	Coeficientul de variație C_v (%)
Puterea activă medie absorbită la vîrful de sarcină, pe gospodărie* P_{max} [kW]		0,26	0,21...0,3	19,5
Puterea reactivă medie absorbită la vîrf, pe gospodărie * Q_{max} [kvar]		0,17	0,15...0,19	22,7
Puterea medie instalată pe gospodărie, P_i[kW]		2,4	1,8...3,2	12,7
Timpul de utilizare a puterii active maxime $T_{max\,P}$ [h/an]		3360	2145...5300	25,9
Timpul de utilizare a puterii reactive maxime, $T_{max\,Q}$ [h/an]		4000	2510...6350	26,1
Factorul de putere mediu cos φ	La golul de noapte	0,76	0,7...0,81	13,1
	La vîrful de dimineață	0,8	0,72...0,91	8,8
	În cursul zilei	0,82	0,76...0,91	7,2
	La vîrful de seară	0,87	0,78...0,96	5,7

* Puteri stabilite la nivelul postului de transformare, pe bara de joasă tensiune a acestuia.

În tabelul 2 sînt indicate valorile principalilor indicatori pentru consumatorii casnici din mediul rural, cu gospodării individuale.

Se precizează că puterile active și reactive medii absorbite la vîrful de sarcină, pe apartament sau pe gospodărie, și prezentate în tabelele 1 și 2, sînt stabilite la nivelul postului de transformare, pe bara de joasă tensiune a acestuia.

De altfel, aceste valori sînt necesare proiectanților care elaborează studii de dezvoltare a rețelelor electrice de distribuție.

Pentru a determina puterile active și reactive absorbite de părțile comune ale blocurilor de locuințe s-au făcut măsurători corespunzătoare și a rezultat că pentru blocurile cu P + 4 etaje puterea absorbită de părțile comune a fost sub 1 kW, iar la blocurile de P + 6, ..., P + 10 etaje, prevăzute cu lifturi, părțile comune au absorbit o putere activă maximă de 3,6 kW, avînd un factor de putere de circa 0,7.

În tabelele 1 și 2 se dau și valorile medii ale factorului de putere, așa cum au rezultat în urma măsurătorilor efectuate într-o zi lucrătoare și în momentele caracteristice ale curbei de sarcină zilnică și anume : la golul de noapte, la vîrful de dimineață, în cursul zilei și la vîrful de sarcină. După cum rezultă, factorul de putere are valori sensibil mai mici în rețelele electrice de distribuție de joasă tensiune, față de valorile considerate, în prezent, în proiectare. Acest lucru poate influența, în mare măsură, soluțiile de compensare a puterii reactive în rețelele electrice de joasă tensiune.

Pentru a explica obținerea unui factor de putere așa de scăzut în rețelele electrice de distribuție, în tabelul 3 se dau cîteva valori caracteristice ale cos φ pentru diferite aparate electrice utilizate curent de către consumatorii casnici.

Se remarcă faptul că frigiderele cu compresor, frecvent utilizate în gospodării, au un factor de putere de 0,52—0,56, iar televizoarele cu circuite integrate au un factor de putere de 0,7.

Pentru comparație cu alte țări, în tabelul 4 se dau valorile factorului de putere care se iau în considerare la proiectarea rețelelor electrice de distribuție, valori publicate de Uniunea Europeană a Producătorilor și Distribuitorilor de Energie Electrică (UNIPEDE) [6].

În tabelul 5 se dau valorile factorului de putere ce a rezultat în urma măsurătorilor efectuate în U.R.S.S., într-o serie de rețele elec-

Tabelul 3

Valorile caracteristice ale factorului de putere pentru diferite aparate electrice utilizate de consumatorii casnici, rezultate din măsurători

Denumirea aparatului	cos φ	tg φ
Frigider cu compresor	0,52...0,56	1,65...1,48
Mașină de spălat rufe	0,7	1,0
Aspirator de praf	0,7	1,0
Televizor cu tuburi sau tranzistoare, fără stabilizator	0,95	0,33
Televizor cu tuburi sau tranzistoare, cu stabilizator	0,9	0,48
Televizor cu circuite integrate	0,7	1,0
Aparat de radio	0,96	0,3
Tuburi de iluminat cu descărcări în gaze :		
— în funcție de tipul corpului de iluminat ;	0,4—0,75	2,29—0,88
— iluminat de interior în clădiri administrative și sociale ;	0,9	0,48
— lămpi de birou (corp de iluminat cu un singur bec)	0,5	1,73

Tabelul 4

Valori adoptate pentru factorul de putere în rețelele de distribuție, într-o serie de țări

Valori publicate de UNIPEDE [6]

Țara / Regimul de sarcină în curs de 24 ore	Anglia	Belgia	Franța	Polonia	Italia	S.U.A.
Maxim	0,93	0,85	0,86	0,8	0,8	0,8
Minim	0,89	0,82	0,7	0,79	0,79	0,7

Tabelul 5

Valorile factorului de putere rezultate în urma măsurătorilor efectuate în U.R.S.S., într-o serie de rețele electrice de distribuție urbană, pe timp de iarnă și vară și zile lucrătoare [4]

Valoarea indicatorului	Golul de noapte		Vîrful de dimineață		În cursul zilei		Vîrful de seară	
	iarna	vara	iarna	vara	iarna	vara	iarna	vara
Rețea 0,4 kV								
tg φ	1,08	1,120	0,65	0,7	0,8	0,9	0,49	0,58
cos φ	0,68	0,64	0,84	0,82	0,78	0,74	0,9	0,87
Rețea 6—10 kV								
tg φ	1,20	—	0,8	—	1,02	—	0,62	—
cos φ	0,64	—	0,78	—	0,70	—	0,85	—

Tabelul 6

Valorile factorului de putere din rețelele electrice urbane din U.R.S.S. care alimentează consumatori casnici, sociali-culturali și mică industrie [4]

Denumirea consumatorului	Golul de noapte		Vîrful de dimineață		În cursul zilei		Vîrful de seară	
	tg φ	cos φ	tg φ	cos φ	tg φ	cos φ	tg φ	cos φ
Consumatori casnici și sociali-culturali alimentați din rețelele de cablu :								
— 6,10 kV	0,94	0,73	0,65	0,84	0,85	0,76	0,51	0,89
— 20 (35) kV	1,10	0,67	0,78	0,79	1,00	0,71	0,62	0,85
Consumatori edilitari și mică industrie alimentați din rețele de cabluri :								
— 6,10 kV	0,94	0,73	0,76	0,79	1,00	0,71	0,62	0,85
— 20 (35) kV	1,10	0,67	0,89	0,75	1,15	0,66	0,73	0,89

trice de distribuţie urbană, pe timp de iarnă şi de vară şi zi lucrătoare, iar în tabelul 6 se dau valorile pentru cos φ în reţelele electrice urbane din U.R.S.S., care alimentează consumatorii casnici, sociali-culturali şi mica industrie [4].

În tabelul 7 se dau valorile recomandate în U.R.S.S. pentru factorul de putere, care se iau în considerare la proiectarea reţelelor electrice de distribuţie urbană, în cablu, valori pentru perspectiva de 10—15 ani. Valorile sînt date la nivelul anului 1982 [4].

Tabelul 7

Valori recomandate în U.R.S.S. pentru factorul de putere care se iau în calculul reţelelor electrice de distribuţie în cablu, care alimentează consumatori casnici şi sociali — culturali din mediul urban [4]

Nodurile reţelei	Golul de noapte		Vîrful de dimineaţă		În cursul zilei		La vîrful de seară	
	tg φ	cosφ	tg φ	cosφ	tg φ	cosφ	tg φ	cosφ
Bara 0,4 kV	0,6	0,86	0,51	0,89	0,55	0,88	0,44	0,92
Bara 6—10 kV	0,87	0,76	0,65	0,84	0,70	0,82	0,54	0,88
Bara 20 (35) kV	1,12	0,66	0,80	,078	0,90	0,74	0,65	0,84
Bara 110 kV	0,94	0,73	0,72	0,81	0,80	0,78	0,58	0,86

Din compararea valorilor obţinute din măsurătorile efectuate la noi în ţară şi cele prevăzute în literatura de specialitate, sovietică şi din alte ţări, pentru factorul de putere rezultă o deplină concordanţă.

În urma obţinerii acestor rezultate pentru cos φ se impune reanalizarea soluţiilor de compensare a puterii reactive în reţelele electrice de distribuţie, eventual luarea de măsuri de compensare chiar de producătorii de aparate electrocasnice.

Cu ocazia campaniilor de măsurători efectuate în reţelele electrice de distribuţie, urbane şi rurale, s-au completat şi o serie de chestionare tip.

Din prelucrarea datelor cuprinse în aceste chestionare a rezultat următoarea situaţie statistică, pentru consumatorii casnici din mediul urban care locuiesc în apartamente de două sau trei camere şi au sistem de termoficare şi gaze naturale la bucătării:

- Puterea medie instalată de apartament: 3,2 kW
- Puterea medie instalată pe unitatea de suprafaţă locuibilă: 0,10 kW/m
- Puterea medie instalată de persoană: 0,98 kW/persoană
- Energia medie anuală consumată pe apartament: 1020 kWh/an apartament
- Energia medie consumată pe unitatea de suprafaţă locuibilă: 32,5 kWh/an·m²
- Energia medie anuală consumată pe persoană: 313 kWh/an·persoană

Pentru consumatorii casnici din mediul rural care au gospodării individuale, din prelucrarea datelor cuprinse în chestionare, a rezultat următoarea situaţie statistică:

- Puterea medie instalată pe locuinţă 2,4 kW
- Puterea medie instalată pe unitatea de suprafaţă locuibilă 0.057 kW/m²
- Puterea medie instalată pe persoană 0,65 kW/persoană
- Energia medie anuală consumată pe locuinţă 850 kWh/an·locuinţă
- Energia medie anuală consumată pe unitatea de suprafaţă locuibilă 21 kWh/an·m²
- Energia medie anuală consumată pe persoană 238 kWh/an·persoană

Repartiţia procentuală a diverselor categorii de receptoare electrice la abonaţii casnici din mediul urban, raportată la numărul total de apartamente analizate, se prezintă astfel:

- maşini de călcat 95%
- radiatoare pentru încălzire suplimentară 23%
- frigidere cu compresor 83%
- aspiratoare de praf 64%
- maşini de spălat rufe 49%
- televizoare 85%
- aparate de radio 76%

La consumatorii casnici din mediul rural repartiţia procentuală a diverselor categorii de receptoare electrice, raportată la totalul gospodăriilor cercetate, este următoarea:

- maşini de călcat 98%
- reşouri 19%
- frigidere cu compresor 87%
- maşini de spălat rufe 62%
- televizoare 94%
- aparate de radio 46%

2. Stabilirea parametrilor specifici graficelor de sarcină la consumatorii sociali-culturali din mediul urban şi rural

În perioada campaniei de măsurători din anii 1981—1984, s-au efectuat înregistrări de caracteristici de sarcină şi la un număr de consumatori sociali-culturali, cum ar fi:

- complexe comerciale;
- magazine sătesti;
- şcoli generale, licee;
- grădiniţe de copii;
- cinematografe, teatre, case de cultură;
- ateliere de reparaţii etc.

La aceste categorii de consumatori s-a înregistrat: energia electrică consumată într-un interval de timp, puterea maximă absorbită (activă şi reactivă), precum şi elementele specifice ce caracterizează acesti consumatori, cum ar fi: suprafaţa ocupată, în m², numărul de locuri la cinematografe, teatre, case de cultură, număr de cabinete medicale şi schimburi la policlinici şi dispensare, număr de elevi la şcoli generale şi licee, copii la grădiniţe etc.

În tabelul 8 se dau consumurile specifice anuale de energie electrică rezultate în urma măsurătorilor efectuate, la o serie de consumatori soci-

Tabelul 8

Consumurile specifice anuale de energie electrică rezultate în urma măsurătorilor efectuate în anii 1981—1984, la consumatorii sociali-culturali din mediul urban și rural

Felul consumatorului	Indicatorul de calcul	Consumul specific anual de energie electrică		Numărul de ore de utilizare a puterii active maxime [h/an]
		în mediul urban	în mediul rural	
Magazine:	kWh/m² de suprafață de vînzare			
— mărfuri obișnuite		40	—	3500
— mărfuri industriale		30	20	2500
Magazine sătești	kWh/m² de suprafață de vînzare	—	20	2200
Restaurante	kWh/loc de servire	150	110	4500
Cantine	kWh/porție pe zi	15	10	2400
Policlinici, dispensare	kWh/cabinet de consultație și schimb			
— pentru copii		150	—	2500
— speciale		200	120	2500
Școli generale, licee	kWh/elev	15	10	2800
Cinematografe	kWh/loc	60	—	4500
Case de cultură	kWh/loc	—	35	1250
Frizerii — coafură	kWh/loc de servire	300	120	3000
Ateliere de reparații	kWh/loc de muncă	500	200	2500

Tabelul 9

Puterile specifice de calcul rezultate în urma măsurătorilor efectuate în anii 1981—1984, la consumatorii sociali-culturali din mediul urban și rural

Felul consumatorului	Indicatorul de calcul	Puterea specifică		Factorul de putere mediu cos φ
		în mediul urban	în mediul rural	
Magazine:	W/m² de suprafață de vînzare			
— mărfuri obișnuite		12	—	0,75
— mărfuri industriale		10	8	0,85
Magazine sătești	W/m² de suprafață de vînzare	—	10	0,8
Restaurante	W/loc de servire	70	45	0,97
Cantine	W/porție pe zi	10	10	0,95
Policlinici, dispensare	W/cabinet de consultație și schimb	80	40	0,9
Spitale (unități dotate cu peste 200 paturi)	W/pat	150	—	0,9
Școli generale, licee	W/elev	5	5	0,95
Grădinițe de copii	W/copil	15	10	0,96
Teatre	W/loc	30	—	0,9
Cinematografe	W/loc	15	—	0,9
Case de cultură	W/loc	—	30	0,9
Frizerii-coafură	W/loc de servire	100	30	0,97
Complexe de servire publică	W/loc de muncă	200	—	0,9
Birouri (instituții administrative)	W/m² de suprafață ocupată de birouri	10	—	0,9
Hoteluri	W/cameră	150	—	0,92

ali-culturali din mediul urban și rural, precum și numărul de ore de utilizare a puterii active maxime, în h/an, pentru diferite categorii de consumatori.

În tabelul 9 sînt trecute puterile specifice de calcul la acești consumatori, precum și factorul de putere mediu, în funcție de felul consumatorului.

Volumul măsurătorilor la consumatorii sociali-culturali a fost relativ redus, din care cauză valorile obținute și prezentate în tabelele 8 și 9 au un grad de încredere scăzut.

3. Stabilirea coeficienților de simultaneitate pentru un grup de consumatori, pe baza rezultatelor măsurătorilor efectuate

Coeficientul de simultaneitate k_s reprezintă contribuția unui consumator dintr-un anumit nod al rețelei la curba de sarcină și se definește ca raportul dintre puterea consumatorului în nodul respectiv și puterea de calcul a acestuia.

Coeficientul de simultaneitate maxim $k_{s\,max}$ denumit și factor de participare la curba de sarcină, reprezintă raportul dintre puterea maximă $P_{k\,max}$ cerută de un consumator individual k, la un moment dat și puterea maximă a întregii rețele.

$$k_{s\,max} = \frac{P_{k\,max}}{P_{ki}}. \qquad (6)$$

Pentru N consumatori la care se cunosc curbele de sarcină, coeficientul de simultaneitate se calculează prin raportul dintre puterea maximă a curbei de sarcină rezultante și suma puterilor

maxime din curbele de sarcină individuale ale fiecărui consumator.

Pentru stabilirea coeficienților de simultaneitate s-au făcut măsurători pe grupe de consumatori, cum ar fi : nișe de scări de bloc, nișe de bloc și barele de joasă tensiune ale posturilor de transformare.

Măsurătorile respective au cuprins grupe de consumatori pornind de la un număr de 10 pînă la 160 consumatori.

În urma interpretării rezultatelor măsurătorilor efectuate, s-a stabilit o relație matematică pentru coeficientul de simultaneitate k_s care reproduce destul de fidel curba reală, și anume :

$$k_s = \alpha + (1 - \alpha) \frac{1}{\sqrt{N}}, \qquad (7)$$

în care :

α este o constantă ce depinde de natura consumatorilor și care se determină experimental ;

N — numărul de consumatori alimentați simultan.

Relația (7) a rezultat în baza calculelor efectuate prin metoda regresiei.

Pentru consumatorii casnici, pentru α, se pot lua următoarele valori :

— pentru un număr de consumatori cuprins între 2 și 9, $\alpha = 0{,}35$;

— pentru un număr de consumatori cuprins între 10 și 39, $\alpha = 0{,}12$;

— pentru 40 consumatori și mai mult, $\alpha = 0{,}07$.

Valorile coeficienților de simultaneitate k_s rezultați din măsurătorile efectuate, precum și cei obținuți din aplicarea relației (7) sînt trecute în tabelul 10.

Relația (7) pentru calculul lui k_s prezintă unele aproximații, dintre care se menționează :

— extrapolarea formulei lui k_s în domeniul valorilor mici ale lui N ;

Tabelul 10

Valorile coeficienților de simultaneitate k_s obținute în urma măsurătorilor efectuate în anii 1981—1984

Număr de consumatori alimentați simultan (N)	Coeficientul de simultaneitate rezultat din măsurători (k_s)	Valoarea coeficientului α	Valoarea coeficientului de simultaneitate rezultată după relația propusă *
2—4	0,7	0,35	0,68
5—9	0,6	0,35	0,6
10	0,4	0,12	0,398
20	0,33	0,12	0,327
30	0,27	0,12	0,28
40	0,23	0,07	0,227
50	0,21	0,07	0,202
60	0,19	0,07	0,19
70	0,18	0,07	0,18
80	0,17	0,07	0,174
100 și mai mult	0,16	0,07	0,163

* Relația propusă : $k_s = \alpha + (1 - \alpha) \frac{1}{\sqrt{N}}$

$\alpha = 0{,}35$, pentru 2...9 consumatori ;
$\alpha = 0{,}12$, pentru 10...39 consumatori ;
$\alpha = 0{,}07$, pentru 40 consumatori și mai mulți.

— considerarea consumatorilor individuali identici ;

— nu se face distincție între diverse categorii de consumatori, sau între grupe de consumatori cu puteri instalate medii, diferite.

Coeficientul de simultaneitate, așa cum rezultă din tabelul 10, are valoarea de 0,4, pentru un grup de 10 consumatori, iar pentru un grup de 100 consumatori și mai mult, acest coeficient scade la valoarea 0,1.

Tabelul 11

Puterile specifice pe apartament (kW) care se iau în considerare la proiectarea rețelelor electrice urbane, în U.R.S.S. [4]

Caracteristicile apartamentului din punctul de vedere al consumului de energie electrică	Numărul de apartamente											
	1	6	12	18	24	40	60	100	200	400	600	1000
Cu plite : — cu gaz natural	3	1,8	1,2	1,0	0,9	0,7	0,59	0,49	0,45	0,42	0,41	0,39
— cu gaz de ardere sau cu combustibil solid	4	2,25	1,65	1,4	1,3	1,0	0,9	0,8	0,67	0,62	0,60	0,57
Cu plite electrice de puteri : — pînă la 5,5 kW	5	2,7	2,1	1,8	1,7	1,4	1,2	1,1	0,88	0,82	0,79	0,76
— de la 5,5 la 8 kW	7	4,0	2,3	1,8	1,7	1,4	1,2	1,1	0,88	0,82	0,79	0,76

Valorile obținute pentru coeficienții de simultaneitate k_s, în baza măsurătorilor efectuate, sînt mai mici decît cele prevăzute în prescripția M.E.E., PE 132/83 „Normativ de proiectare a rețelelor electrice de distribuție publică". Comparînd valorile pentru k_s, obținute din măsurători, cu cele întîlnite în literatura sovietică de specialitate [4] (vezi tabelul 11), rezultă că pentru un grup de 10 consumatori, coeficientul de simultaneitate are aceeași valoare de 0,4, dar la un grup de 100 consumatori, în literatura sovietică se prevede valoarea de 0,15, în timp ce din măsurători a rezultat 0,1.

Avînd în vedere volumul mare de măsurători efectuate, cît și faptul că valorile rezultate din măsurători pentru coeficienții de simultaneitate sînt concordante și cu cele prevăzute în literatura sovietică de specialitate, valorile indicate în tabelul 10 se pot considera ca avînd un grad ridicat de încredere.

Concluzii

În articol se prezintă valorile statistice obținute pe baza unui mare număr de măsurători efectuate în rețelele electrice de distribuție, ale principalilor indicatori care caracterizează graficele de sarcină ale consumatorilor casnici și sociali-culturali din mediul urban și rural.

Măsurătorile de sarcină la consumatorii casnici și sociali-culturali s-au efectuat pe o durată de patru ani, în anumite perioade caracteristice (iarnă, vară, zi lucrătoare, zi de repaus etc.), după care s-au prelucrat rezultatele măsurătorilor efectuate.

Din analiza acestor rezultate, prezentate în tabelele 1—11, rezultă:

— duratele de utilizare ale sarcinilor maxime au valori mai mari decît cele utilizate curent în proiectare, la noi în țară. Acest fapt are importanță în dimensionarea instalațiilor avînd influență, mai ales, în calculele tehnico-economice și la evaluarea consumurilor proprii tehnologice în aceste rețele datorită timpului de pierderi maxim τ, legat direct de timpul de utilizare $T_{max\,P}$;

— factorul de putere are valori sensibil mai mici pe diferite trepte ale rețelei electrice de distribuție față de valorile considerate, în prezent, în proiectare. Acest lucru poate influența, în mare măsură, soluțiile de compensare a puterii reactive în rețelele electrice de joasă tensiune, eventual, vor trebui luate măsuri de compensare locală, la fiecare aparat electrocasnic, chiar de către producători;

— valorile relativ mici obținute pentru puterea activă medie absorbită la vîrful de sarcină de către consumatorii casnici din mediul urban și rural se explică prin faptul că măsurătorile de sarcină s-au efectuat într-o perioadă în care s-au luat măsuri de economisire a energiei electrice în sistemul energetic național;

— volumul măsurătorilor la consumatorii sociali-culturali a fost relativ redus, din care cauză valorile obținute au un grad de încredere scăzut;

— valorile obținute pentru coeficienții de simultaneitate (k_s), în baza măsurătorilor efectuate, sînt mai mici decît cele prevăzute în prescripția M.E.E.—PE 132/83 „Normativ de proiectare a rețelelor de distribuție publică". Avînd în vedere volumul mare de măsurători efectuate, valorile obținute pentru k_s se pot considera ca avînd un grad ridicat de încredere.

Bibliografie

[1] Ionescu, G.-T. *Stabilirea pe bază de măsurători a consumurilor de putere și de energie electrică și a indicatorilor specifici graficelor de sarcină a consumatorilor casnici din mediul urban.* În: Energetica, 31, 1983, nr. 6, p. 257—261.

[2] Ionescu, G.-T. și Neagoe, M. *Studiu privind stabilirea datelor de bază în vederea determinării investițiilor necesare pentru alimentarea cu energie electrică a zonelor urbane.* Lucrare ICEMENERG, contract 7007/1983.

[3] Ionescu, G.-T. și Neagoe, M. *Studiu privind stabilirea datelor de bază pentru determinarea investițiilor în rețelele electrice de distribuție din localitățile rurale și agro-industriale.* Lucrare ICEMENERG, contract 8004/1984.

[4] Kozlov, A. V. *Gorodskie raspredelitelnie elektriceskie seti.* Ed. Energoizdat, Leningrad, 1982.

[5] Codiasse, A.-M., Guillevic, M., Giraud, D. *Connaissance des charges moyenne tension en vue de leur prise en compte dans les études de planification.* In: R.G.E., nr. 7—8, 1982, p. 518—527.

[6] Canal, M., Fieux, H., Landry, M. *Le système informatique de gestion des ouvrages BT. Calcul des charges appelées par les réseaux basse tension.* In: R.G.É. — Franța, nr. 2, 1984, p. 101—108.

[7] Juricic, R. *Estimation des puissances apelées a partir des consommations d'énergie en basse tension.* In: R.G.É., nr. 12, 1971, p. 932—934.

(Primit la 9 februarie 1985, acceptat la 13 februarie 1985)

Aspecte privind utilizarea căldurii de potențial coborît pentru încălzirea serelor și solariilor

Ing. Ovidiu Țuțuianu*

Aspects Regarding the Low Grade Heat Use for Greenhouses and Hothouses Heating

(Condensed from the paper in Romanian)

Greenhouses for growing vegetables and flowers are a constant present concern in many countries. In Romania, there have been built important surfaces with greenhouses from which more than 1000 ha are supplied with heat from the thermal power plants of the Ministry of Electric Energy.

In the year 1982 the greenhouses have been receiving from these power plants an amount of $15 \cdot 5 \times 10^6$ GJ thermal energy.

For the climatic conditions of Romania the maxima thermal load of the greenhouses amounts to average daily values of 2.6—3.2 MW_t/ha and average annual values of 1.15—1.50 MW_t/ha, to which annual fuel consumptions averaging 450—600 t.c.c./ha correspond.

The "classical" heat supply solutions imply heating elements with water circulating inside at temperatures ranging between 70 and 150°C. The water is prepared in installations using mainly hydrocarbons.

The energy crisis and mainly the urge to save the hydrocarbons on one side and the availability of important waste heat quantities discharged from different technological processes on the other side require the experts to turn towards new solutions for heating the greenhouses which should reduce and even avoid the use of hydrocarbons.

The present paper proposes some solutions for the heating of greenhouses and hothouses with the heat contained in cooling waters discharged from thermal power plants or other industrial enterprises.

There are outlined, in comparison with the "classical" solutions aspects and technical economic indices for the following systems of greenhouses heating, which use the low grade waste heat:

— with a water curtain on the greenhouse roof:
  — on an horizontal roof (built in the USSR)
  — on a slanting roof and on the lateral walls (built in Romania)
— with water-air heat exchangers:
  — the LOTHUS-System (built in Hungaria)
— low temperature convectors system (built in the FRG).
— with water "mattresses":
  — placed on the ground (built in France)
  — placed on the lateral walls (built in the FRG).

There are also presented two experimental installations built in Romania in order to use the low grade heat for heating the ground in hothouses.

On the basis of the examples presented, the following conclusions can be drawn:

1. The vegetables and flowers greenhouses heated "classically" belong to the category of energy-intensive consumers. Consequently, for the new greenhouses there must be applied other heating systems, based on the use of new sources and recoverable energy sources, including the low grade heat discharged with the cooling water from thermal power plants or industrial enterprises of different types. While the new heating systems are set up they will be applied with the existing greenhouses, in combined schemes with "classical" solutions.

2. Taking into account the fact that in the case of greenhouses the share of heating (fuel) in the cost price exceeds 50%, the heating systems of greenhouses and hothouses with low grade heat, tested in Romania and in other countries are quite profitable in what regards the economic aspect the excessive fuel consumption is avoided, the investment pay off on short terms, the flowers and vegetables productions increases and are achieved at a quicker rate.

3. The use of low grade heat from cooling waters for green houses and hothouses heating has positive effects from the ecologic point of view contributing to the decrease of the environmental thermal pollution.

În ultima vreme se remarcă, pe plan internațional, o creștere accentuată a preocupărilor pentru realizarea complexelor de sere legumicole și floricole.

La noi în țară, numai în perioada 1972—1980, s-au amenajat circa 800 ha de sere, amplasate, de regulă, în vecinătatea surselor centralizate de căldură (centrale termice sau centrale electrice de termoficare). La nivelul anului 1980, s-a ajuns ca debitul termic maxim asigurat din CET la sere să reprezinte 70—75% din sarcina termică a tuturor sistemelor de termoficare urbană, iar cantitatea anuală de energie termică necesară serelor, să fie de 75—80% din valoarea aferentă consumatorilor urbani.

În anul 1982 s-a livrat, din sursele Ministerului Energiei Electrice, o cantitate de energie termică de $15{,}5 \cdot 10^6$ GJ ($3{,}7 \cdot 10^6$ Gcal) pentru 1070 ha sere legumicole și floricole.

* Ing. Ovidiu Țuțuianu — Direcția Tehnică Surse Noi și Refolosibile — M.E.E.

Sarcina termică maximă a serelor, pentru condițiile climatice ale diferitelor centre din R. S. România, are valori medii zilnice de 2,6—3,0MW/ha (2,24—2,57 Gcal/h · ha), ajungînd la 2,8—3,2 MW/ha (2,41—2,76 Gcal/h ·ha), pentru valori medii pe perioada de 8—10 ore. Sarcina medie anuală este de 1,30—1,50 MW/ha (1,12—1,28 Gcal/h · ha) cu tendințe spre 1,15—1,20 MW/ha (0,99—1,03 Gcal/h·ha) [1].

La valorile sarcinilor termice maxime de mai sus corespund consumuri de combustibil de 360—440 kg c.c./ha, realizîndu-se medii multianuale de ordinul 450—600 t c.c./ha·an.

Sarcina termică maximă la sere se înregistrează la temperaturile exterioare cele mai coborîte, dar în special la valori în apropiere de 0°C, asociate cu alte fenomene meteorologice: precipitații solide și vînt. Valoarea ei rezultă din însumarea necesarului de căldură pentru încălzirea aerului incintei, încălzirea solului și prepararea apei calde pentru stropire, la care se

adaugă pierderile datorită transportului și distribuției.

Soluțiile „clasice" au în vedere asigurarea sarcinii termice a serelor pe baza căldurii transportate de abur sau cel mai frecvent de apă fierbinte cu temperaturi între 70—150°C, agenții termici fiind produși, în majoritatea cazurilor, pe baza combustibililor gazoși și lichizi (hidrocarburi).

Criza de energie și în special necesitatea imperioasă de economisire a hidrocarburilor, pe de o parte, precum și disponibilitatea unor importante cantități de căldură deșeu, evacuate din diverse procese tehnologice, pe de altă parte, impun ca specialiștii să se orienteze către noi soluții de încălzire a serelor care să reducă sau chiar să înlocuiască combustibilul utilizat în prezent pentru acest scop.

1. Alternative la soluțiile „clasice" de încălzire a serelor și solariilor

Din punct de vedere teoretic, întreaga gamă a resurselor energetice refolosibile (RER) termice, poate fi utilizată și în scopul încălzirii serelor și solariilor. După cum se cunoaște, cele mai importante RER termice sînt :

— căldura sensibilă a gazelor de ardere evacuate din agregatele tehnologice ;
— căldura fizică (sensibilă și internă) a produselor calde, a zgurilor și altor deșeuri ;
— căldura fizică (sensibilă și internă) a aburului uzat, care a lucrat în diverse agregate tehnologice ;
— căldura preluată de agenții de răcire (aer, apă etc.) ai diferitelor agregate tehnologice ;
— căldura condensatului.

Din punct de vedere practic, considerăm că este economic eficient ca RER termice, de potențial ridicat, să fie valorificate în primul rînd prin „recuperări tehnologice", cu reîntoarcerea căldurii recuperate în agregatele de unde provin sau în alte instalații cu procese ce necesită nivelul termic respectiv.

După răcire, funcție de condițiile specifice ale schemei de valorificare în prima treaptă, acestea pot fi utilizate în continuare pentru diverse încălziri, inclusiv la sere și solarii.

RER termice de potențial termic coborît, cu temperaturi de 20—150°C, pentru care nu se mai pun probleme de „recuperare tehnologică", își pot găsi, în încălzirea serelor și solariilor, un interesant domeniu de valorificare.

În lucrarea de față se prezintă unele soluții de încălzire a serelor și solariilor, pe baza căldurii conținute de apele de răcire — evacuate din termocentrale sau din alte unități industriale — care se situează printre RER termice, cu cel mai coborît potențial (20—50°C).

2. Sisteme de încălzire a serelor, folosind căldură evacuată de potențial coborît

2.1. Încălzire cu strat de apă pe acoperișul serei

2.1.1. Cu strat de apă pe acoperiș orizontal

Încă din anul 1969 s-a experimentat în U.R.S.S., pe o suprafață de 50 m² și ulterior pe 1000 m², un nou tip de seră cu acoperiș orizontal din sticlă (și ulterior din material plastic transparent), pe care curge agentul termic (apă din circuitul de răcire al unei CET), într-un strat cu grosimea de 60—100 mm [2, 3]. Construcția serei este simplă și ieftină, permițînd execuția după metode industriale, pe bază de elemente prefabricate. Suporturile conductelor și colectoarelor de apă au și rol de susținere a scheletului acoperișului (fig. 1).

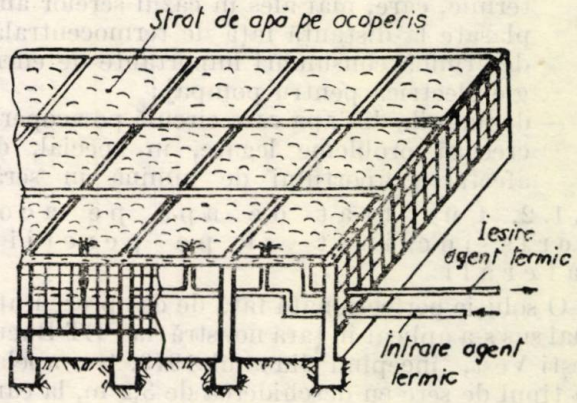


Fig. 1. Seră încălzită cu strat de apă pe acoperiș orizontal.

Stratul de apă de pe acoperiș joacă și rol de filtru de lumină. El permite trecerea benzii de „radiație fiziologică" (radiație utilă plantelor cu lungimea de undă cuprinsă în domeniul 400—800 mμ) și absoarbe o parte considerabilă din radiațiile infraroșii în gama de la 800—3000 mμ. Prin aceasta se exclude pericolul de supraîncălzire a aerului, din interiorul serelor chiar și în perioadele cu insolație puternică.

Stratul de apă mai are și rol de protecție pentru acoperiș (amortizor) în caz de grindină, în timp ce precipitațiile sub formă de ploaie sau zăpadă nu provoacă nici o problemă.

Experimentările efectuate au arătat că răcirea apei care circulă pe acoperișul serei (Δt) depinde în mică măsură de temperatura exterioară (t_{ex}). Dacă iarna, la $t_{ex} = -22 \div 25$°C, $\Delta t = 14 - 15$ grd, în timpul verii, la $t_{ex} = 18 \div 27$°C, $\Delta t = 10 - 13$ grd. Prin aceasta temperatura în interiorul serei nu scade iarna sub + 16°C și nu crește vara peste + 30°C.

Potrivit măsurătorilor și calculelor efectuate a rezultat că pentru încălzirea unei sere de acest tip cu o suprafață de 1 ha, este nevoie de un debit de apă de circa 1000 m³/h, pierderile de agent termic nedepășind 2—4% din debitul vehiculat. Considerînd temperatura medie a

agetului termic 28°C și Δt_{med}=9 grd, rezultă un consum de căldură de potențial coborît de circa 7,8 MW/ha (9 Gcal/h · ha), echivalînd cu un consum de combustibil de circa 1460 kg c.c./ha.

În aceste condiții, prin valorificarea căldurii „deșeu", rezultă o economie de combustibil (față de cazul în care s-ar fi apelat la soluția „clasică") de 3000 t c.c./an și ha de seră, iar prețul legumelor se micșorează cu 20—30%. Investițiile pentru realizarea alimentării cu căldură se recuperează în 2—3 ani, datorită unor producții de legume de 20—25 kg/m².

Dintre dezavantajele acestei soluții menționăm următoarele :

— nu se valorifică în seră întreaga cantitate de căldură conținută de agentul termic;
— sînt necesare debite relativ mari de agent termic, care, mai ales în cazul serelor amplasate la distanță față de termocentrală, determină consumuri importante de energie electrică pentru pompaj;
— depunerile din apa care circulă pe acoperiș creează probleme legate, în special, de afectarea aportului de lumină în seră.

2.1.2. Cu strat de apă pe acoperiș înclinat și pe pereții laterali

O soluție perfecționată față de cea prezentată mai sus s-a aplicat în țara noastră, la CET București Vest, începînd din anul 1979. S-a apelat la tipul de sere cu deschiderea de 3,2 m, la care s-a adaptat un nou sistem de încălzire [4]. Apa din circuitul de răcire al CET este condusă la un distribuitor amplasat pe coama serei, de unde, printr-un sistem de duze, este dirijată pelicular pe întreaga suprafață a acoperișului. Apa colectată în jgheaburi este trimisă înapoi spre circuitul de răcire al centralei, prin țevi care au totodată și rol de suporturi ale construcției serei (fig. 2).

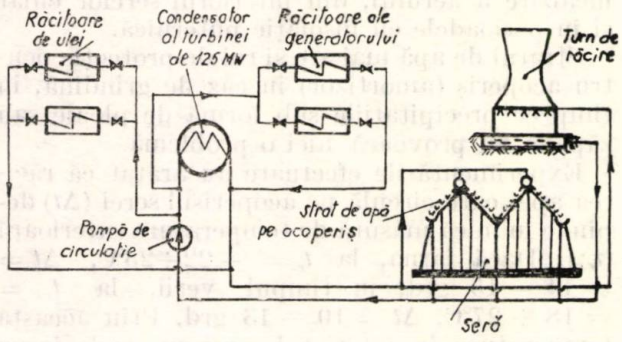


Fig. 2. Schema de racordare la circuitul de răcire al CET, a serei încălzite cu strat de apă pe acoperiș înclinat.

Valorificînd rezultatele pozitive obținute pe parcursul a două sezoane, cu această seră de 1500 m² s-a conceput o seră „modul" de circa 300 m², la care stratul de apă curgătoare acoperă și pereții laterali.

În vederea executării unor operații de întreținere pe acoperișul serei (înlocuirea geamurilor, curățirea jgheaburilor și a duzelor de stropire etc.) s-a conceput și realizat un cărucior care se poate deplasa cu doi lucrători, de-a lungul traveii serei și care se poate trece de pe o travee pe alta, cu ajutorul unui cărucior de translare.

Experimentările efectuate pînă în prezent au pus în evidență caracteristicile tehnice indicate în tabelul 1.

Tabelul 1

Caracteristica	U/M	Valoarea
Temperatura apei de încălzire	°C	25—40
Debit minim de apă pe geam	$m^3/h \cdot m^2$	0,3
Suspensii maxime în apă	mg/l	120
Temperatura interioară în seră la t_{ex} = — 15°C	°C	14—18

O comparație succintă a principalilor indicatori economici între sera cu încălzire „clasică" și cea care utilizează căldură de potențial coborît, se prezintă în tabelul 2.

Tabelul 2

Indicatorul	U/M	Sistemul de încălzire	
		Clasic (apă fierbinte 150/70°C)	Cu căldură de potențial coborît
Investiția specifică	%	100	123
Consumul de combustibil	%	100	0
Durata de recuperare	% / ani	100 / 50—80	12 / 6—8
Beneficiul	%	100	190
Prețul de cost	%	100	52

Se preconizează adîncirea cercetărilor termo și agro-tehnice asupra acestei soluții în cadrul unei sere de circa 0,5 ha, care este în curs de realizare la CET București Sud.

2.2. Încălzirea cu sisteme bazate pe schimbătoare de căldură apă-aer

2.2.1. Sistemul „LOTHUS"

În anul 1977 s-a experimentat în R.P. Ungară, pe o suprafață de 500 m², un sistem de încălzire a serelor, care utiliza căldura apei cu temperatura de 40°C. Aerul încălzit într-un schimbător

de căldură apă-aer era vehiculat în seră cu un ventilator, la viteze de pînă la 1,5 m/s.

Plantele cultivate (roşii, castraveţi) s-au dezvoltat similar cu culturile realizate în serele clasice şi, în plus, datorită distribuţiei uniforme a căldurii, perioada de coacere s-a redus.

Rezultatele pozitive obţinute au determinat realizarea în anul 1979, a unor sere de 300 m² şi 3000 m² în vecinătatea CTE Gagarin (Gyöngyös).

Soluţia de combinare a răcirii uscate (cu turnuri sistem Heller) a apei din circuitul termocentralei, cu sistemul de încălzire a serelor a fost brevetată sub denumirea comercială „LOTHUS" [5].

Elementele componente ale acestui sistem sînt prezentate în schema din figura 3.

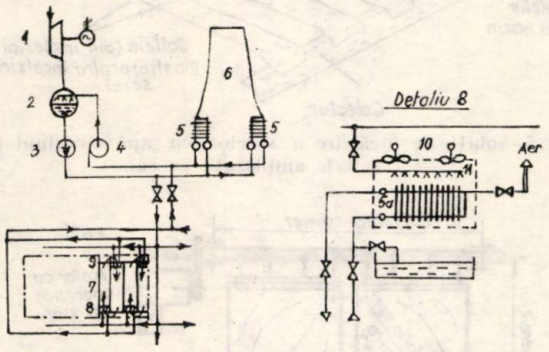


Fig. 3. Schema de racordare la circuitul de răcire al CTE, a serei încălzite cu aer (sistemul LOTHUS): 1 — turbogenerator; 2 — condensator prin amestec; 3 — pompă de circulaţie; 4 — turbină hidraulică de recuperare; 5 — răcitor apă-aer în turnul de răcire; 5a — răcitor apă-aer în seră; 6 — turn de răcire sistem Heller; 7 — parcelă de seră; 8 — unitate de încălzire; 9 — spaţiu pentru recircularea aerului; 10 — ventilator; 11 — umidificator.

Unităţile de încălzire sînt amplasate la capetele compartimentelor serei. Cu ajutorul jaluzelelor acţionate automatizat, se poate regla circulaţia aerului pe diferite căi, funcţie de necesarul de căldură al serei (regim de „iarnă grea" „iarnă uşoară", regim de vară cu sau fără ventilaţie mecanică etc.).

Aplicarea sistemului prezentat este posibilă şi în combinaţie cu răcirea umedă.

Principalele caracteristici tehnice ale serelor realizate, încălzite după sistemul „LOTHUS", sînt prezentate în tabelul 3.

Comparaţia, din punct de vedere economic, între sistemul „LOTHUS" şi sistemul „clasic" de încălzire, pentru o seră de circa 17 ha (tabelul 4) pune în evidenţă eficienţa noii soluţii.

2.3. Sistem cu convectoare de joasă temperatură

În R.F.G. s-a experimentat utilizarea căldurii de potenţial coborît la încălzirea serelor, cu un sistem bazat pe convecţie liberă şi convecţie forţată [6].

Aşa cum rezultă din figura 4, convectoarele sînt amplasate pe pereţii serelor. Sistemul de

Tabelul 3

Caracteristica	U/M	Valoarea
Suprafaţa cultivată în seră	ha	0,2870
Numărul compartimentelor în seră	buc.	6
Dimensiunile unui compartiment	m	6,4 × 72,38
Numărul unităţilor de încălzire	buc.	6
Dimensiunile şi tipul schimbătoarelor de căldură apă — aer	m	5 × 2,4 × 0,15 Tip FORGO, lamele perforate de Al cu ţevi de Al
Temperatura agentului termic	°C	min. 35,5°C (la t_{ex} = = —15°C şi viteza vîntului = 10 m/s)
Sarcina termică maximă	MW/ha (Gcal/ha)	5,23 la tempe- (4,47) ratura interioară = +25°C
Puterea electrică necesară la vîrf	kW/ha	146,3

Tabelul 4

Indicatorul	U/M	Sistemul de încălzire	
		Clasic (pe bază de păcură)	Lothus
Consumul de combustibil	tc.c./ha · an	820	—
Consumul de energie electrică	kWh/ha · an	neglijabil	301200
Consumul de combustibil pentru producerea energiei electrice	tc.c./ha · an	neglijabil	98,4
Cheltuielile cu combustibilul	%	100	12
Preţul de cost	%	100	70

încălzire realizează o temperatură a aerului în seră de + 15°C, pentru o temperatură a agentului termic de 40°C.

În acest mod se poate acoperi 35% din necesarul anual de căldură.

La consumuri de căldură mai mari se introduce sub convector un furtun perforat din folie de polietilenă, prin care se insuflă aer cu un ventilator. Prin activarea convecţiei, eficienţa schimbului de căldură creşte cu circa

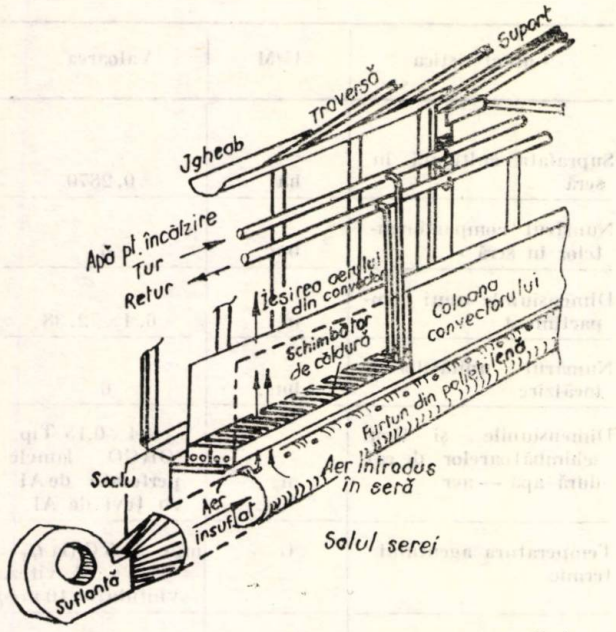


Fig. 4. Sistem de încălzire a serelor cu convectoare de joasă temperatură.

85% și în aceste condiții se poate acoperi 60% din necesarul anual de căldură.

Dacă temperatura agentului termic se poate ridica cu circa 10°C se poate asigura cu acest sistem 75% din consumul anual.

Pentru acoperirea vîrfului de sarcină termică trebuie să se folosească sisteme suplimentare de încălzire.

3. Încălzire cu „saltele" cu apă

3.1. Saltele cu apă amplasate pe sol

O soluție interesantă de încălzire a serelor pe baza căldurii de potențial coborît, evacuată din procese tehnologice, a fost aplicată în Franța [7]. Apa cu temperatura de 38°C, evacuată de la uzina de separare izotopică de la Pierrelatte, captată într-un bazin acoperit, este refulată cu o pompă în colectorul de intrare, de unde este distribuită prin intermediul unor saltele plate din material plastic, așezate pe solul serei, revenind apoi în bazin, prin colectorul de ieșire (fig. 5). În acest mod se asigură valorificarea integrală a căldurii deșeu.

Principalele caracteristici economice ale instalației de încălzire pentru 5 ha de seră sînt următoarele:

— investiții: 900000 F (spor față de o instalație „clasică");

— economii: 600000 F/an;

— termen de recuperare a investițiilor: 1,5 ani.

3.2. Saltele cu apă, pe pereții laterali

În combinație cu corpuri de încălzire cu agent termic de temperatură scăzută de tipul „țevi cu nervuri" sau „plăci" (care necesită spații importante în interiorul serelor, iar în cazul amplasării sub acoperiș reduc substanțial aportul de lumină naturală) s-au experimentat în R.F.G. [6], sisteme cu saltele din material plastic transparent, prin care circulă agentul termic. În timpul zilei, cînd consumul de căldură este mai redus, saltelele se „împăturesc", iar noaptea se desfășoară pe pereți (fig. 6).

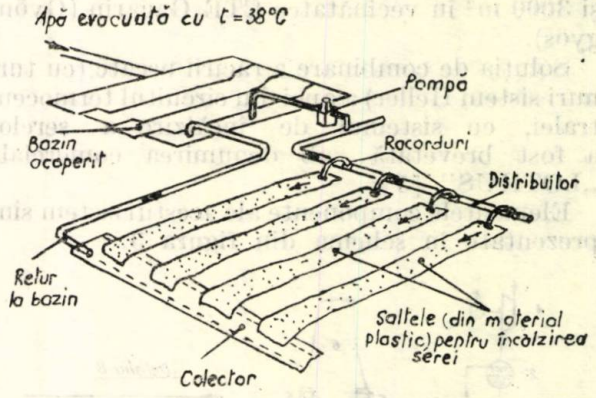


Fig. 5. Soluție de încălzire a serelor cu apă circulînd prin saltele amplasate pe sol.

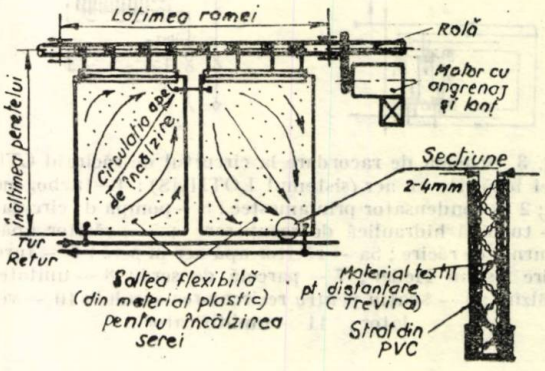


Fig. 6. Soluție de încălzire a serelor cu apă circulînd prin saltele amplasate pe pereți.

Parametrii limită ai agentului termic în interiorul saltelei sînt: 60°C și 0,5 bar.

Cu un asemenea sistem de încălzire, s-a acoperit, la o seră, un consum de căldură de 1,50 MW/ha (1,74 Gcal/h·ha) realizîndu-se o temperatură interioară de +15°C, la o temperatură medie a agentului termic de 40°C.

În acest fel se poate asigura circa 70% din consumul anual de căldură al serei.

4. Sisteme de încălzire a solariilor

În iarna 1977/1978, s-au efectuat în București, cercetări privind folosirea căldurii de potențial coborît, pentru încălzirea solului în solarii [8]. S-au amenajat două instalații experimentale:

1. La CET Iucureşti Vest. S-au executat două solarii, cu sol încălzit avînd fiecare dimensiunile 5,4 × 10 m = 54 m² și un solar martor, fără sol încălzit, cu aceleași dimensiuni. Solariile au fost acoperite cu folie de polietilenă.

Apa de încălzire s-a preluat direct din circuitul de răcire al centralei, presiunea disponibilă fiind de 8 m H_2O (0,8 bar).

S-au folosit țevi de polietilenă (PE) cu Ø 40×3,7 mm, montate la o adîncime de 30 cm, cu un pas între țevi de 50 cm (fig. 7).

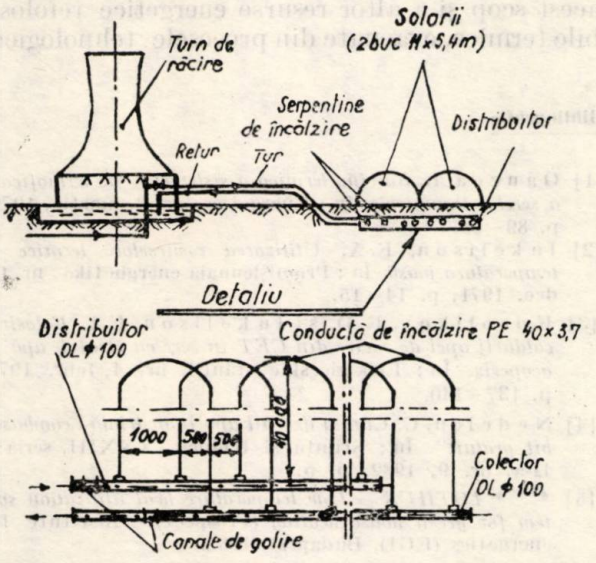


Fig. 7. Sistem de încălzire a solariilor cu apă din circuitul de răcire al CET.

2. În incinta Institutului de Cercetări Hidrotehnice (ICH). S-au executat două solarii cu dimensiunile $6 \times 4 = 24$ m², acoperite cu folie de polietilenă, din care unul cu sol încălzit, iar celălalt martor, fără sol încălzit. S-au folosit conducte de încălzire cu Ø50 mm din țeavă PVC—M, montate la o adîncime de 40 cm, cu pasul de 35 cm.

Apa de încălzire a fost preluată de la punctul termic din incintă. S-au plantat răsaduri de salată în ambele solarii; jumătate din culturi au rămas libere în solarii, iar jumătate au fost acoperite cu o folie cu rol de dublă protecție (tunele joase). Rezultatele obținute cu ocazia acestor experimentări sînt sintetizate în tabelul 5.

Analiza rezultatelor obținute a demonstrat practic posibilitatea realizării de culturi legumicole în solarii și în perioada de iarnă.

În perioadele de primăvară și toamnă, încălzirea solului din solarii folosind căldura reziduală de potențial coborît, conduce la obținerea în devans a producției de legume. Calculele orientative au arătat că investițiile ocazionate de astfel de instalații pot fi recuperate în termene mai mici de 10 ani.

În prezent, în cadrul unei colaborări MAIA—M.E.E., se preconizează realizarea unui poligon de solarii, pe o suprafață de circa 0,5 ha, unde să se dezvolte experimentele privind încălzirea cu căldură de potențial coborît.

Concluzii

Serele legumicole și floricole încălzite în sistemul „clasic" fac parte din categoria consumatorilor „energointensivi".

În condițiile crizei de energie, considerăm că trebuie să se acționeze pentru raționalizarea consumului de energie la sere, în următoarele direcții:

a) la serele existente: reducerea puterii termice maxime și a consumului anual de energie

Tabelul 5

Caracteristica	U/M	Valoarea	
		În incinta CET București Vest	În incinta ICH
Temperatura apei de încălzire (t_r)	°C	+ 14 ÷ + 30,5(t_r^{med} = 22)	+21 ÷ +33 (t_r^{med} = 27)
Diferența de temperatură intrare-ieșire (Δt)	grd	2,5 ÷ 7	3 ÷ 7
Temperatura medie a solului			
— în solar martor	°C	+2 ÷ +9 (la adîncimea de 5 cm)	—2 ÷ +4 (la adîncimea de 10 cm)
— în solar încălzit	°C	+4,5 ÷ 16	+3 ÷ +13
Temperatura aerului			
— în solar martor	°C	—7 ÷ +16,5	—7 ÷ +22
— în solar încălzit, cu cultură liberă	°C	—3 ÷ +18,0	—5 ÷ +24
— în solar încălzit, cu cultură dublu protejată	°C	+0,5 ÷ +30,0	—
Debitul de apă de încălzire	m³/h	1,5 ÷ 2,5	0,15 ÷ 0,3
Producția obținută	kg/m²	Plantare la: 26.01.78 Recoltare la: 23.03.78	Plantare la: 17.01.78 Recoltare la: 30.03.78
— în solar martor, cu cultură liberă	kg/m²	0,12	0,50
— în solar martor, cu cultură dublu protejată	kg/m²	0,24	1,00
— în solar încălzit, cu cultură liberă	kg/m²	0,55	2,70
— în solar încălzit, cu cultură dublu protejată	kg/m²	1,29	3,10

termică prin promovarea unor măsuri tehnice cu caracter energetic (etanșări, reglaje diferențiate pe tipuri de culturi, sisteme de acumulare a căldurii etc.), dar mai ales a măsurilor tehnice și organizatorice cu caracter tehnologic (plantarea de culturi mai puțin termofile, decalarea ciclurilor față de vîrful de consum al consumatorilor urbani etc.);

b) la serele noi: folosirea unor noi sisteme de încălzire, bazate pe utilizarea de surse noi și resurse energetice refolosibile termice, inclusiv a căldurii de potențial coborît evacuată cu apele de răcire din termocentrale și din întreprinderile industriale.

Menționăm că, pe măsura punerii la punct a noilor sisteme de încălzire, acestea vor putea fi introduse și la serele existente, în scheme combinate cu soluțiile clasice.

Pornind de la faptul că în cazul serelor ponderea încălzirii (combustibilului) în prețul de cost este de peste 50%, sistemele de încălzire a serelor și solariilor cu căldură de potențial coborît, experimentate în țara noastră și în alte țări, sînt rentabile sub aspect economic; se evită consumul suplimentar de combustibil, investițiile se amortizează în termene scurte, producțiile de legume și flori cresc și se realizează în devans.

Valorificarea căldurii de potențial coborît conținută în apele de răcire pentru încălzirea serelor și solariilor are efecte pozitive și sub aspect ecologic, contribuind la reducerea gradului de poluare termică a mediului ambiant.

Este necesar să se intensifice colaborarea între specialiștii din cadrul MAIA și M.E.E. în vederea urgentării adoptării celor mai eficiente soluții de încălzire a serelor și solariilor cu căldură de potențial scăzut evacuată din termocentrale.

De asemenea, se impune realizarea de acțiuni comune ale specialiștilor din cadrul MAIA și din unitățile industriale pentru valorificarea în acest scop și a altor resurse energetice refolosibile termice, evacuate din procesele tehnologice

Bibliografie

[1] Oancea, L. *Sarcina termică a sistemelor de termoficare a serelor legumicole.* In: Energetica, nr. 3, martie, 1979, p. 89–93.

[2] Iukelison, E.A. *Utilizarea resurselor termice de temperatură joasă.* În: Promîșlennaia energhetika, nr. 12, dec. 1971, p. 14–15.

[3] Korolikov, E.D. și Iukelison, E.A. *Folosirea căldurii apei de răcire din CET în sere cu strat de apă pe acoperiș.* În: Elektriceskie stanții, nr. 4, febr. 1972, p. 137–140.

[4] Nedelcu, C. *Cum a devenit apa industrială „combustibil gratuit".* În: Știință și tehnică, XXXIII, seria a II-a, nr. 9, 1982, p. 5.

[5] * * * *LOTHUS — Low temperature heat utilization system for green house heating* (Prospect) — Institute for energetics (EGI), Budapest, 1982.

[6] Burkhard, E. *Gewachshausheizungen für Niedertemperaturbetrieb.* In: Landtechnik, vol. 35, nr. 2, febr. 1980, p. 77–80.

[7] * * * *Les rejets thermiques industriels: un gisement inepuisable de plusieurs dizaines de millions de TEP par an* (Prospetc). Agence pour des economies d'energie, Paris, 1980.

[8] * * * *Studiu privind folosirea căldurii reziduale din circuitele de răcire de la termocentrale, la încălzirea solului în solarii.* ICH, INCERC, CLF, ICLF — Vidra. București, 1978.

(Primit la 3 aprilie 1984, acceptat la 12 noiembrie 1984)

Noutăți tehnico-științifice

Hidrocentrală de mare capacitate cu acumulare prin pompaj

O centrală cu acumulare prin pompaj cu o capacitate de 2200 MW urmează să fie racordată la rețeaua Mir care deservește țările socialiste din Europa. Construcția centralei a început în U.R.S.S. pe rîul Nistru în partea de vest a Ucrainei.

Specialiștii din Harkov au terminat proiectarea centralei și a mașinilor. În timpul nopții mașinile vor utiliza surplusul de energie ca să pompeze apa într-un rezevor de acumulare cu o capacitate de 25 milioane m³, obținîndu-se o cădere de 180 m.

Activitatea de dislocare a pămîntului a fost redusă la minimum pentru acest proiect. Utilajele vor fi adăpostite în puțuri, așa încît nu vor fi necesare nici gropi de funcție și nici drumuri de acces. Conductele vor trece prin tuneluri și nu prin puțuri lungi.

Inginerii de la uzina Kirov din Harkov au propus ceea ce este descris ca fiind o schemă interesantă de pompe-turbine reversibile pentru noua centrală. Acestea vor fi cele mai mari din U.R.S.S. pentru centralele cu acumulare prin pompaj. În raport cu capacitatea o astfel de turbină este mai mare decît întreaga centrală Kiev cu acumulare prin pompaj de pe rîul Nipru construită în deceniul șapte.

Așa cum relevă sursele oficiale construcția centralelor mari cu acumulare prin pompaj este o parte integrantă a programului energetic al U.R.S.S.

Ele sînt construite în combinație cu centralele nucleare. Centralele mari sînt acum construite în Lituania, lîngă Leningrad și la Zagorsk și Kalinin din partea europeană a Uniunii Sovietice, precum și lîngă Kanev și Taşlik și Konstantinovo în Ucraina.

Din istoricul energeticii ieşene

Ing. Constantin Ostap, ing. Mihai Caba*

Sărbătorirea a 100 de ani de la introducerea iluminatului public în Timişoara (14 noiembrie 1884) constituie o dată de referinţă în istoricul energeticii româneşti [1] şi un prilej de a rememora principalele evenimente în legătură cu utilizarea energiei electrice şi în alte oraşe din ţară.

În cazul municipiului Iaşi documentele de arhivă care consemnează începuturile utilizării energiei electrice pentru utilităţi publice şi casnice depăşesc adesea cadrul unei importanţe locale, ele putînd constitui veritabile documente utile pentru istoria tehnicii din ţara noastră.

La data de 6 septembrie 1897 primarul oraşului Iaşi, Nicolae Gane, aducea la cunoştinţa Consiliului comunal rezultatele licitaţiei prin care se acorda concesionarea construirii uzinei electrice şi a tramvaielor din Iaşi :

„Avem a ne felicita pentru izbînda zilei de azi, căci am izbutit să dăm oraşului două îmbunătăţiri de mult dorite de ieşeni",

spunea el în cadrul amintit [2].

În adevăr, de mult timp doreau locuitorii Iaşului să înlocuiască iluminatul cu petrol care se introdusese în 1857 şi să treacă la un mijloc de transport ieftin . . . „aşa ca să se folosească de el, deopotrivă, cel bogat şi cel sărac", cum menţiona ziarul Evenimentul în numărul său din 17 noiembrie 1896.

Oraşul luase cunoştinţă de „mirajul" iluminatului electric din 1873, cînd asistase la iluminatul electric al „seratei veneţiene" de la *patinoarul oraşului* (fig. 1) [3].

Zece ani mai tîrziu, la 5 iunie 1883, cu ocazia inaugurării statuii lui Ştefan cel Mare, grădina Copou fusese iluminată cu un „soare electric" [4].

Introducerea în Iaşi a utilizării energiei electrice a fost posibilă datorită străduinţei unor marcante personalităţi ieşene, ca junimiştii : Nicolae Gane, Vasile Pogor, Leon Negruzzi, savanţii Petru Poni şi Dumitru Hurmuzescu, inginerii Charles Chaigneanu şi Laurenţiu Teodoreanu. În oraşul care părea a fi predestinat să fie „locul unde nu se întîmplă nimic", aceste personalităţi pregăteau orientarea Iaşului pe o nouă cale industrială, cu posibilităţile existente la acea vreme.

În mediul specific cultural al Iaşului din a doua jumătate a secolului al XIX-lea erau bine cunoscute progresele făcute de ştiinţa şi tehnica mondială [7].

La data de 10 august 1883 se decide trimiterea profesorului Petru Poni şi a primarului Leon Negruzzi la expoziţia de la Viena . . .

„pentru a observa progresul pe care l-a făcut electricitatea în ceea ce priveşte eclerajul oraşului".

Raportul prezentat de Leon Negruzzi la înapoiere (23 septembrie 1883) conţine informaţii interesante : . . .

„iluminarea cu lumină electrică este cu putinţă şi se probează deplin prin luminarea mai multor oraşe din America, a mai multor strade din Londra şi pieţi din diferite oraşe şi în sfîrşit prin luminarea de 2 ani acum, a uneia din cele mai principale strade din Berlin, Leipziggerstrasse, împreună cu Postdamplatz întreg de către Societatea Siemens et Halske".

Urmează o menţiune importantă, care constituie şi o informare privind situaţia de la Timişoara în acel an :

„Din nenorocire Societatea Brusn, care s-a însărcinat cu instalarea luminei electrice în oraşul Timişoara nu a mîntuit încă lucrările sale ca să avem şi în Europa un oraş întreg, cel dintîi iluminat cu electricitate".

(IV—2)

Clubul Patinoilor

Duminică viitoare în 26 Ianuarie c.

DE LA 7 ORE INAINTE

va avea loc o cursă pe gheţă cu

Iluminaţiune Brilantă

şi asemne una cursă electrică, focuri bengaliceşti de magneziu, fineţi ş. a. vor lumina locul patinatului.

Tot de la 7 ore incolo vor cînta alternativ:

2 BANDE MUSICALE

şi anume muzica Reg. Roşiorilor şi muzica Reg 7, de infanterie.

Intrarea pentru 1 persoană, 2 sf. rus. pentru oraşeni, cari vor intra în locul locului, 1 fcă nou.

Abonamentul suspendat!

Comitetul Clubului. (81—2)

Anunţul din 26.01.1873 apărut în „Curierul de Iassi"

Fig. 1. Anunţul din „Curierul de Iassy" din 26 ianuarie 1873.

* Ing. Constantin Ostap, ing. Mihai Caba — IEIRIEDEET Iaşi.

În încheierea raportului său Leon Negruzzi propunea pentru orașul Iași ... „iluminatul cu lumină electrică și numai cu acest sistem".

Discuțiile au continuat și dosarul 112/1881 de la Arhivele Statului din Iași („Dosarul lucrărilor pentru iluminarea orașului Iași cu gaz aeroform") cuprinde istoria unui „război pașnic" a gazului cu electricitatea.

Spre lauda lor, edilii orașului Iași nu au luat o hotărîre pripită ci, din contră, au continuat studiile pentru adoptarea celui mai bun sistem. O dovadă elocventă o constituie păstrarea, în filele amintitului dosar, a lucrării lui G. B. Asan, „Chestiunea iluminatului capitalei București" (1894), în care s-a pus și alternativa folosirii gazului aerian din cărbuni.

Tehnicienii ieșeni se documentează și asupra amenajărilor hidroenergetice. Se păstrează scrisoarea primită din partea Primăriei orașului București, datată 26 iulie 1891, în care se făcea următoarea mențiune : ...„Avem 79 lămpi care funcționează prin mijlocirea motorului cu apă [9].

La 26 aprilie 1885, Ludovic Mianowski inginer la Compania Căi Ferate Lemberg — Cernăuți — Iași, adresa Primăriei oferte pentru „iluminarea indirectă", utilizînd baterii de acumulatoare, ce urmau să fie încărcate de la ...

„un aparat mechanic, carele într-un loc ales după plac într-un riu, părău, sau helești, se pote lucra și întrebuința o parte din forța ce se află răspîndită în apa curgătoare".

Se propune montarea acestui „aparat" pe Bahlui, indicînd și locul respectiv (...„în dosul morii Beldiman").

Această „hidrocentrală" nu a fost construită niciodată, dar se poate aminti despre existența în Iași a unei microhidrocentrale, montată mai tîrziu, în 1912, pe aducțiunea de apă potabilă, Timișești—Iași, la sosirea în rezervorul superior (Aurora). Turbina respectivă, cu generatorul de 17 kW, există și în prezent, fiind utilizată la lucrări practice în laboratorul Facultății de hidrotehnică din Iași.

Totuși, disputa între adepții gazului aerian și cei ai electricității a întîrziat cu 15 ani introducerea iluminatului electric în Iași, Documentele de arhivă pomenesc de existența, în anul 1894, a unei mici centrale electrice la spitalul Sf. Spiridon de unde se asigura iluminatul sălii circului Sidoli, unde se dădeau spectacolele Teatrului Național după incendiul din 1883, cînd a ars Teatrul de la Copou [10]. Este etapa cînd se renunțase la ideea iluminatului cu gaz aerian și se făceau pregătiri pentru introducerea iluminatului electric, soluție susținută de primarul orașului, junimistul Vasile Pogor. El i-a însărcinat pe inginerii Laurențiu Teodoreanu și A. Savul să întocmească caietul de sarcini pentru concesiunea iluminatului electric al orașului Iași. Aceștia, în raportul din 20 decembrie 1895, adresat Primăriei, menționau :

„Comisiunea instituită de Dvoastră pentru elaborarea unui caiet de sarcini pentru iluminatul cu electricitate a orașului Iași, după un studiu prealabil a chestiunii, am hotărît spre a face o lucrare cît se poate de completă a cere diferitelor Primării din țară și străinătate, pe unde asemenea lucrări s-au efectuat prin adrese oficiale, caietele de sarcini pentru a le consulta".

Printre orașele din „străinătate" erau menționate și orașele Sibiu (Hermanstadt), Cluj (Klausenburg) și Timișoara (Temeszwar). Acesta este un document care atestă relațiile de acum un secol dintre orașele Iași și alte orașe din România.

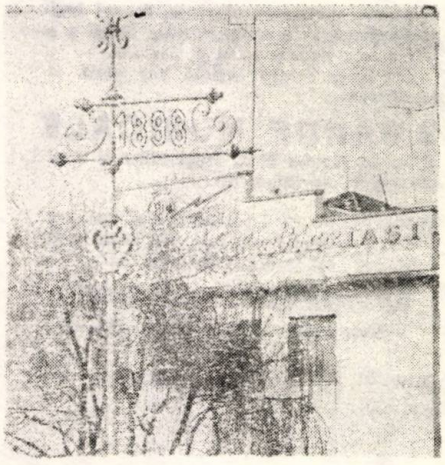


Fig. 2. Anul construcției de pe frontul clădirii pavilionului administrativ al uzinei electrice, 1898.

Evenimentele legate de introducerea iluminatului electric în orașul Iași sînt cunoscute din diverse lucrări [12, 13, 14, 15, 16].

Primul proiect de iluminat electric stradal a fost întocmit, în 1897, de inginerul Laurențiu Teodoreanu *, în 1898, director al „Uzinei de lumină", prima uzină electrică de utilitate publică a orașului Iași.

Uzina electrică a orașului Iași a fost construită de societatea Continentele Gesellschaft für Elektrische Unternehmungen din Nürnberg.

Lucrările au început în 18 iunie 1898 la clădirea corpului administrativ, din strada Moțoc (actuala Uzinei). Clădirea există și astăzi, cu unele modificări făcute după cutremurul din 1977. Pe frontonul clădirii a fost fixat steagul (feronerie) cu anul construcției (1898) care se păstrează și acum (fig. 2).

* Laurențiu Teodoreanu este fratele lui Oswald Teodoreanu, tatăl scriitorului Ionel Teodoreanu, care l-a imortalizat în romanul „La Medeleni", în personajul „Her Direktor"... „directorul unei societăți foarte mari ... ceva cu electricitate și cu nemți", cum îl descria Olguța.

Sala de mașini a fost începută în ziua de 8 septembrie 1898, în cadrul unei solemnități consemnată cu multe amănunte în numărul din 9 septembrie 1898 al ziarului Evenimentul, sub titlul „Solemnitatea de eri".

Se menționează că lucrările se executau de către Trolli și Scalari, „cunoscuți antreprenori și constructori ai noiei Universități" (inaugurată în 1897), precum și numele invitaților între care N. Gane, primarul orașului, avocatul Oswald Theodoreanu, inginerii Charles Chaigneau și Laurențiu Theodoreanu, cum și N. A. Bogdan, Th. Burada. Nu erau omiși nici „simpaticul comisar Sion" sau „Neculai Ionescu, bărbier".

Participanții au semnat „actul de naștere" al uzinei electrice, ce avea următorul conținut :

„Astăzi 8 septembrie, anul de grație 1898, sub glorioasa domnie a M. S. Regelui Carol I, primar fiind D. N. Gane, ajutori d-nii G. Tacu și C. Lepădatu, inginer șef d. Charles Chaigneau și inginer electrician d. L. Theodoreanu s-a pus piatra fundamentală la uzina electrică pentru lumină și transmisiunea de forță electrică ce se construiește în orașul Iași de Continentele Gesellschaft für Elektrische Unternehmungen din Nürnberg, reprezentată de inginerul S. Marcu".

Raportul nu omite să noteze că invitații s-au îndreptat apoi spre . . .

„sala de mașini, unde un bufet copios atrăgea atenția generală. O mică tribună ie desemnată pentru oratorii ce au a se succeda".

De la această tribună a vorbit N. Gane, subliniind semnificația acestei „serbări a muncii și a progresului". Între altele el a spus : . . .

„Aceasta va însemna o epocă în dezvoltarea noastră, mulțumită căreia orașul va lua un aspect european".

Centrala era echipată cu :

— cazane de abur, Wilcox — Babckock, de 12 ata, 250°C, alimentate cu păcură ;

— 3 motoare termice cu piston tip Erste Brünner a 400 CP ;

— 3 generatoare electrice Schuckert de curent monofazat a 285 kVA, 3000 V.

Rețelele de înaltă tensiune de 10,8 km și de joasă tensiune, de 20,4 km, cuprindeau : doi fiederi în cablu subteran de 3000 V ; două puncte de alimentare ; 36 posturi cu transformatoare uscate de 7—85 kVA, 3000/300/150 V, alimentate aerian sau subteran ; rețeaua de joasă tensiune de 300/150 V, în mare parte subterană (tensiunea de 150 V a fost mai tîrziu o piedică la dezvoltarea folosirii energiei electrice).

Consumatorii în primul an au fost : luminatul străzilor prin 171 lămpi cu arc, a 14 A, și 239 abonați (utilizarea lămpilor cu incandescență a început în 1902). Lămpile cu arc erau alimentate individual prin cîte un transformator 150/30 V, montat pe stîlpul metalic de susținere.

Din 1900 a fost alimentat Teatrul Național (de remarcat că este printre puținele teatre luminate electric înainte de finele secolului), iar în 1906 Universitatea, renunțîndu-se la grupurile proprii ; primul consumator industrial pentru acționări pare a fi fost, în 1909, o țesătorie, absorbind 150 CP. În 1900 a fost pusă în funcțiune o centrală electrică de 480 CP pentru alimentarea tramvaielor.

Centrala comunală s-a extins ulterior, dar evenimentele primului război mondial au dus la o degradare a instalațiilor ; totodată concesiunea a încetat ca bun al unui stat inamic.

Se impunea o nouă organizare și găsirea fondurilor necesare. Spre deosebire de soluția concesiunii din 1857, de data aceasta s-a ales aceea a unei colaborări, a comunei cu particularii, viitorii consumatori, constituindu-se, în anul 1924, Societatea Comunală de Electricitate, la fondurile inițiale cele două părți participînd cu cîte 50%. Întreprinderea a renovat centrala echipînd-o cu agregate diesel, fabricat Sulzer, și trecînd la curent trifazat, 6000/220 V. Echipamentul electric a provenit în mare parte de la Uzinele Reșița, între care și un generator de 1500 kVA.

Totodată, centrala pentru tramvaie a fost unificată cu cea pentru distribuția publică.

Se încheia astfel, cu succes, după ani de strădanii și eforturi primul act al preocupărilor pentru înzestrarea municipiului Iași cu acele . . . „doue îmbunătățiri de mult dorite de ieșeni", de care pomenea N. Gane în 1897.

Bibliografie

[1] * * * *Un secol în slujba luminii*, Timișoara, 1984.

[2] * * * Ziarul Evenimentul, 11 sept. 1897.

[3] * * * Curierul de Iassy, 26 ian. 1873.

[4] Ungureanu, G. *Din istoricul iluminatului public al orașului Iași*. În : Conica, nr. 30, 29 iulie 1977.

[5] Bucur, N.I. și alții. *Din istoria electricității*. Ed. științifică, 1966.

[6] * * * Monitorul comunal al Primăriei Iași 1883, Arhivele Statului Iași.

[7] * * * Dosar 112/1881 Fond Primărie Iași.

[8] Negruzzi, L. *Raport asupra administrației și a treburilor comunei Iași pe anii 1883 și 1884*. Tipografia națională 1885.

[9] * * * Dosarul 181/1891 p.I. Fond Primăria Iași, Arhivele Statului Iași.

[10] * * * Dosarul 91/1892, Fond Teatral Național. Arhivele Statului Iași.

[11] * * * Dosarul 568/1896, Fond Primăria Iași, Arhivele Statului Iași.

[12] Ostap, C. *Uzina electrică a orașului Iași* În : Anuarul Muzeului Tehnic „Ing. D. Leonida" București 1975.

[13] Ursescu, E. și Ostap, C. *Din istoria utilizării curentului electric la Iași*. Iași, 1979.

[14] Ostap, C. și Caba, M. *80 de ani de la darea în funcțiune a Uzinei electrice a municipiului Iași*. În : Energetica, vol. 28, 1980, nr. 1—2, p. 86—89.

[15] * * * *„Uzina de lumină"*. Monografia uzinei electrice a municipiului Iași, oct. 1979.

[16] Ostap, C. *Iașul și lumina electrică*. În : Cronica, 24 mai 1974.

(Primit la 30 noiembrie 1984, acceptat la 22 aprilie 1985)

Din istoria publicațiilor privind domeniul energeticii.
Revista Energia

Dr. ing. Eugeniu Pavel, ing. Costin Rucăreanu*

În anii de după primul război mondial s-a simțit nevoia dezvoltării energeticii românești, în paralel cu cea a creșterii industriale a țării. Necesitatea crescîndă de cadre medii specializate a condus la înființarea de școli industriale și la publicarea de literatură tehnică adecvată.

În acest cadru, Dimitrie Leonida, cunoscut ca unul din promotorii energeticii românești, care conducea Școala Comunală de Electricieni și Mecanici din București, a luat inițiativa editării unei reviste de specialitate, cu scopul de a face cunoscute problemele și realizările din domeniul energeticii și de a stimula dragostea pentru meseria de energetician. Ca urmare a acestei inițiative, în luna ianuarie 1921 a apărut primul număr din revista Energia. Revista a fost scoasă pe cheltuiala proprie a lui Dimitrie Leonida, care era redactorul șef și sufletul publicației.

În numărul 1 al revistei se prezintă scopul și programul acesteia, arătîndu-se că se adresează în primul rînd muncitorilor electricieni și mecanici, dornici să-și perfecționeze și să-și ridice nivelul tehnic.

În articolul editorial Dimitrie Leonida subliniază :

„Programul revistei rezultă din articolele pe care le conține : chestiuni teoretice expuse cît mai pe înțelesul tuturor și însoțite de probleme, date referitoare la lucrări practice, articole care să deștepte dragostea meseriașului pentru muncă, cum sînt acelea relative la istoria tehnicii, în fine, descrierea celor mai mari lucrări, a ultimelor invențiuni, rezumate din cărți și reviste. Nu vom neglija nici chestiunile în legătură cu viața lucrătorului.... Atragem atenția însă, că energia înseamnă muncă și tocmai dragostea de muncă dorim să o propovăduim și noi".

Cu toate străduințile depuse de Dimitrie Leonidă împreună cu un colectiv valoros și entuziast, revista nu a avut o viață lungă. În anul 1921 au apărut numai 10 numere lunare, iar după o lungă întrerupere, abia în anul 1927 a mai apărut un număr dublu 11—12, după care revista și-a încetat complet apariția. Motivul neregularității în apariție și al întreruperii activității se explică prin greutățile financiare, care erau suportate personal de Dimitrie Leonida.

Conținutul revistei Energia este, în pofida vieții sale scurte, deosebit de variat. Dintr-o analiză a celor 12 numere apărute, rezultă că au fost abordate diferite genuri de probleme, și anume :

1. Probleme teoretice de energie și de politică energetică, tratate la nivel mediu, reprezentate de mai multe articole scrise de D. Leonida : **„Energia"** și **„Din avîntul tehnicei"** în nr. 1, **„Însemnătatea apelor"** în nr. 3, **„Legea apelor"** în nr. 9—10. Ne oprim asupra acestui din urmă articol, foarte documentat. După ce face un istoric asupra modului în care au fost administrate în trecut apele în țara noastră, precum și în alte țări, arătînd în special felul cum a fost privită și studiată această problemă în Franța, D. Leonida insistă asupra studiilor care trebuie executate și în țara noastră, pentru a se putea trece la execuția de baraje, centrale hidroelectrice și regularizări de rîuri. În finalul articolului se dau unele detalii privind legea apelor, votată și aprobată în anul 1921, D. Leonida făcînd parte din comisia care a stabilit principiile de bază și a întocmit proiectul de lege. Se menționează că, în conformitate cu această lege,

„toate apele de pe teritoriul României sînt bunuri publice, puse sub autoritatea și controlul statului, iar întrebuințarea apelor și orice lucrări privitoare la ape, se pot face numai în temeiul unei autorizări".

În continuare se arată cum se pot obține autorizații de studii și de lucrări și se insistă asupra necesității efectuării unor studii serioase și bine documentate.

Tot în categoria articolelor cu subiecte teoretice generale citățm titlurile : **„Teoria lui Einstein"**, scris de Cristea Niculescu, **„Electricitatea în medicină-razele X"** de Gh. Sorescu, **„Energia umană"** de M. Cioc, toate cu caracter de popularizare.

2. Un mare număr de articole au subiecte cu caracter practic și se adresează cadrelor medii sau inginerilor din producție.

Dintre acestea citățm : **„Montarea unui motor Diesel"** de P. Vlădescu și publicat în nr. 1 și 2, **„Construcția roților dințate"** de Gh. Herda în nr. 2, **„Călirea oțelului pentru scule"** de Al. Manolache în nr. 2, **„Cimentarea oțelului"** în nr. 6 și **„Călirea, răscoacerea și întoarcerea oțelului"** de N. G. Caranfil în nr. 7—8 și 9—10, **„Desenul industrial"** de Gh. Herda în nr. 6, 7—8 și 9—10.

Toate aceste articole, ca și altele nemenționate mai sus, sînt documentate, la obiect, cu date precise, utilizabile în practică.

* Dr. Eugeniu Pavel, ing. Costin Rucăreanu—Institutul Central de Cercetări Energetice.

3. Un alt grup de probleme bine reprezentat în revista „Energia" îl constituie istoria energeticii și, legat de aceasta, prezentarea sub o formă accesibilă a vieții și operei unor personalități de seamă din istoria științei și tehnicii.

Astfel articolul cu titlul **„Note asupra industriei petrolului în România"** întocmit de I. Dinu și apărut în nr. 3 ne oferă date interesante privind dezvoltarea extracției de petrol la noi în țară.

Dintre personalitățile din trecut ale tehnicii și științei universale au fost prezentate: Galileo Galilei, Isac Newton, Sir Humphry Davy, Leonardo da Vinci, Denis Papin.

4. În revistă se mai prezintă o serie de descrieri ale unor obiective energetice din țară și din străinătate, ca de exemplu în articolele: **„O vizită la Centrala Electrică a Societății de Gaz din București"**, scris de St. Ionescu și publicat în nr. 1, **„Descrierea Uzinei Electrice de la Vaslui"** de D. Leonida în nr. 2, **„Niagara"** de D. Leonida în nr. 7—8, **„Uzina electrică Arad și calea ferată electrică Arad—Podgoria"** de St. Mateescu în nr. 7—8, **„Supercentralele electrice"** de D. Leonida în nr. 11—12.

În afară de articole, în fiecare număr al revistei apăreau scurte informații cu caracter tehnic din toată lumea, urmărindu-se a se scoate în evidență fapte deosebite și ultimele realizări ale tennicii din acea vreme.

5. Nu a fost neglijat nici aspectul protecției muncii și grijii față de modul de viață al muncitorilor. Din această categorie notăm articolele **„Lucrători păziți-vă ochii"** de dr. Adela Leonida în nr. 1, **„Intoxicațiile profesionale"** de dr. C. Paul în nr. 3, **„Căminul muncitorului"** de C. Sfințescu în nr. 6.

6. Dimitrie Leonida a reușit să atragă în sfera colaboratorilor revistei o serie de personalități ale științei și tehnicii românești din acea vreme. Astfel în nr. 2 al revistei apare un amplu și documentat articol de Gogu Constantinescu privind **„Știința sonică"**. În nr. 3 profesorul D. Pompei semnează un articol privind **„Matematicile în învățămîntul tehnic elementar"**, iar în nr. 9—10, Gen. St. Burileanu scrie **„Industria fierului în România — Uzinele metalurgice Reșița din Banat"**.

7. În nr. 11—12, D. Leonida scrie un document articol privind **„Canalul Argeș — București — Dunăre"**. După ce demonstrează necesitatea și avantajele construirii acestui canal, autorul dă exemple din alte țări, arătînd cum se încadrează canalul proiectat în rețeaua de comunicații pe fluviile și canalele din Europa. În final se dau principalele caracteristici tehnice ale canalului propus.

8. O contribuție deosebit de valoroasă a revistei o constituie numărul special 4—5, care conține un amplu studiu al lui Dimitrie Leonida privind „Electrificarea României".

Studiul reprezintă o primă propunere de plan de electrificare a României, întocmit și prezentat în anul 1921, în care se introduce conceptul de „rețea de supratensiune" care, în fond, corespundea noțiunii actuale de sistem energetic național. Lucrarea, care este în același timp o pledoarie pentru tehnică și progres, pornește de la principii de un înalt patriotism:

„În orice cimp de activitate, trebuie să considerăm interesele mari ale țării, care cer adesea sacrificarea micilor interese, căci s-a dovedit că numai acolo unde au existat organizațiuni puternice, ele au putut dăinui și în vreme de primejdie au putut ajuta, chiar salva statele. Numai asemenea organizațiuni naționale puternice, din care ar fi de dorit să facă parte toate forțele românești, conlucrînd cu statul, vor putea ataca problemele noi economice, de a căror rezolvare va depinde propășirea acestei țări... Trebuie să luăm locul ce ni se cuvine printre pionierii mișcării de progres".

În vederea argumentării necesității programului de electrificare, D. Leonida pleacă de la problema transporturilor. După ce face un istoric documentat al dezvoltării căilor ferate din România, autorul analizează fluxurile de circulație a principalelor produse ale țării (cereale, lemne, petrol etc.) de la centrele de producere spre cele de consum sau spre punctele de export, insistînd asupra necesității îmbunătățirii mijloacelor de transport, care să asigure un flux de circulație rațional, prin folosirea atît a căilor ferate, cît și a transportului pe ape. În continuare se arată cum a fost rezolvată problema electrificării căilor ferate în țările avansate ale lumii, comparînd avantajele și dezavantajele diferitelor soluții alese, dar scoțînd în evidență avantajele căilor ferate electrificate față de tracțiunea prin locomotive cu aburi. D. Leonida ajunge la concluzia că și în România de atunci se justifica începerea imediată și continuarea intensă a electrificării căilor ferate. Se schițează apoi etapele de electrificare. Astfel, în prima etapă se propune electrificarea liniilor de cale ferată Brașov — București, Miercurea Ciuc — Mărășești — Galați — Brăila, Caransebeș — Subcetate — Lupeni și Subcetate — Simeria, în total 655 km, ideea fiind de a lega Muntenia și Moldova cu noile provincii alipite în anul 1918, precum și de a asigura legătura cu porturile de export Brăila și Galați. Întregul program era gîndit să se realizeze în circa 10 ani, electrificîndu-se în total o lungime de 4032 km, ceea ce reprezenta circa 32% din lungimea căilor ferate din acea vreme. Se evalua că pentru această rețea de cale ferată va fi necesară o medie de circa 74 MW* și o putere maximă de circa 220 MW.

* În articolul citat puterile sînt exprimate în CP.

Trecînd la alte utilizări, D. Leonida constată că industria era dotată cu grupuri generatoare, care la acea vreme însumau o putere instalată de circa 370 MW , puterea efectivă utilizată fiind însă mult mai mică. El consideră că prin dezvoltarea industriei, în special a celei metalurgice și a celei chimice cererea va fi în scurt timp de circa 740 MW. La aceeași valoare se aproximează și puterea necesară în agricultură, prin introducerea de pluguri electrice, batoze, mașini de treierat și alte mașini acționate electric. Se ajungea astfel la un necesar total pe întreaga țară de circa 1700 MW, însă pentru o etapă inițială se considera ca suficientă o putere de circa 370 MW. Această putere putea fi acoperită astfel :

— circa 75 MW prin centralele hidroelectrice din Banat și din vestul Transilvaniei ;

— circa 110 MW prin centralele termoelectrice din regiunea gazului metan ;

— circa 150 MW în Moldova (centrala hidroelectrică pe rîul Bistrița și centrala termoelectrică de la Comănești) ;

— circa 35 MW în Muntenia (centrale termoelectrice pe lignit și gaze).

Pentru buna funcționare a acestor instalații D. Leonida propunea o „rețea de supratensiune" de 120 kV, compusă dintr-o axă est—vest și două axe nord—sud, avînd ca puncte principale de interconexiune centrala hidroelectrică de la Bicaz și centrala termoelectrică de la Dicio San Martin (în prezent orașul Tîrnăveni). Pentru legarea celorlalte centre de producere și de consum se propuneau linii electrice aeriene de 70 kW. În final, calculîndu-se costul acestor instalații pe bază de prețuri internaționale, se ajungea la concluzia că investițiile sînt rentabile. Studiul se încheia cu un adevărat apel pentru începerea cît mai grabnică a electrificării țării :

„Ar fi dureros ca țara noastră, care are un pămînt atît de bogat și cu muncitori atît de dibaci, să nu poată propăși din cauza neîntrebuințării energiilor pe care le avem. Credem că orice întîrziere în electrificarea României ar fi o greșeală, ce nu ni s-ar putea ierta, căci destul am așteptat pînă acum și a sosit vremea cînd numai faptele să dovedească adevărata noastră iubire de patrie."

Este de remarcat faptul că în anul 1921, cînd în România cea mai înaltă tensiune de transport a energiei era 25 kV, cu o rețea care însuma abia cîteva zeci de kilometri de linie, D. Leonida concepe un sistem energetic național, care să lege principalele puncte de producere și consum la tensiunile de 110 și 70 kV, care la acea vreme erau din cele mai mari întrebuințate pe plan mondial și care puteau satisface nu numai necesitățile imediate ale țării, ci și cele de perspectivă medie. Mai remarcăm că hidrocentrala de la Bicaz era luată în considerare în calcul, cu toate că realizarea efectivă s-a făcut cu aproape 40 de ani mai tîrziu ; hidrocentrala de la Porțile de Fier era apreciată la numai 300 MW și nu era luată în considerație în calcule, deoarece la acea dată nu exista nici un fel de înțelegere cu Jugoslavia pentru realizare. În ceea ce privește consumatorii, D. Leonida pune o mare bază pe consumul de energie electrică în agricultură, atît pentru acționarea pompelor de irigații, cît și pentru alte unități.

Din cele arătate rezultă că revista Energia a avut o tematică foarte variată, începînd de la prezentarea vieții și operei unor oameni de seamă din istoria științei și tehnicii, pînă la articole de pură specialitate, care, deși scrise la un nivel accesibil, reprezentau ultimele realizări ale tehnicii din acea vreme.

Energia era singura revistă care se adresa muncitorilor și tehnicienilor electromecanici și corespundea aspirațiilor acestora de a cunoaște lucruri noi și de a se perfecționa în domeniul lor de activitate.

Prin felul în care erau redactate articolele, acestea tindeau să răspîndească dragostea de muncă și dorința de ridicare a nivelului profesional. În acest mod revista era legată direct și completa activitatea Școlii Comunale de Electricieni și Mecanici din București, la care s-au format numeroși specialiști din sectorul energetic.

Este regretabil faptul că revista Energia a avut o viață atît de scurtă.

O astfel de revistă, care să se adreseze în special muncitorilor și tehnicienilor, dar care să fie folositoare și inginerilor energeticieni, ar fi și în prezent mai mult decît necesară. Aceștia ar primi cu multă satisfacție apariția unei reviste care să corespundă preocupărilor lor, care să stimuleze și să dezvolte dorința de perfecționare și care să răspundă setei de cunoaștere. Revista ar cuprinde în paginile ei cît mai multe noutăți tehnice din energetică, ar trata probleme care interesează direct activitatea practică și ar contribui la completarea cunoștințelor profesionale.

Apariția unei astfel de reviste ar completa un gol în acțiunea de ridicare a nivelului tehnic în sfera menționată, dat fiind că actualele publicații ale Ministerului Energiei Electrice (revista Energetica și suplimentele sale) realizează această acțiune la nivel științific relativ ridicat, adresîndu-se în special cadrelor tehnice cu studii superioare.

Bibliografie

[1] * * * Energia, nr. 1—10/1921, nr. 11—12/1927.

[2] Cartianu, P. *Cele dintîi periodice din România*. În : Energetica, 31, 1983, nr. 4, p. 164—165.

[3] Dinculescu, C. și colectiv. *Istoria energeticii și electrotehnicii în România*, vol. I. Ed. Tehnică, București, 1981.

(Primit la 4 martie 1985, acceptat la 15 martie 1985)

Paul Dimo la cincizeci de ani de activitate științifică

Pentru cine nu știe, Paul Dimo este unul dintre cei mai prezenți autori în coloanele revistei noastre, de la înființare și pînă astăzi.

Paul Dimo este membru de onoare al Consiliului Științific al Institutului Central de Cercetări Energetice, organ sub îndrumarea căruia funcționează revista ENERGETICA.

Dar Paul Dimo este, în primul rînd, omul de știință român în viață cel mai cunoscut la ora actuală, prin opera sa, în comunitatea tehnico-științifică mondială a electroenergeticii.

Iată de ce, ne facem o datorie elementară de a cinsti prin aceste cîteva cuvinte împlinirea unei jumătăți de secol de activitate remarcabilă și remarcată a lui Paul Dimo pe tărîmul științei și tehnicii.

Paul Dimo este un excelent exemplu de fericită îmbinare între un inginer și un om de știință. Deși activitatea creatoare depusă de dînsul în acești 50 de ani este aproape în exclusivitate un produs intelectual, idei în esență pură, ele sînt germinate din simțul practic al inginerului, de realitățile tehnico-economice ale societății. El este, într-un anumit sens, un filozof, dar nu face nici un dram de filozofie de dragul filozofiei.

O altă caracteristică a sa este umanismul. Umanismul său se manifestă cel mai pregnant sub forma „ergonomiei intelectuale", ca să folosim termenul introdus de dînsul în una din cărțile sale cele mai recente. Este o veritabilă idee-forță a gîndirii sale necesitatea de a găsi forme sugestive necomplicate, care să aibă acces ușor la mintea omului de rînd, care în epoca noastră este pus să manipuleze (de fapt termenul nu mai este potrivit) instalații complexe din toate punctele de vedere, cum sînt cele electroenergetice.

Paul Dimo s-a manifestat mai întîi pe plan național. Ulterior și-a prezentat lucrările în diferite reuniuni științifice internaționale, în principal în cadrul CIGRE. Consacrarea pe plan internațional a corespuns cu traducerea lucrării sale de căpătîi „Analiza nodală", în principalele limbi de circulație internațională : franceză, rusă, engleză.

Dar latura pragmatic inginerească a personalității sale nu putea fi pe deplin satisfăcută doar de laurii științifici. Succesul deplin l-a constituit străpungerea conceptelor și gîndirii sale (DIMO's REI Approach) în lumea tehnologică a industriei electroenergetice, în dezvoltarea și exploatarea celor mai mari sisteme electroenergetice din lume.

Un exemplu elocvent în acest sens este aplicarea în practică, dovedindu-se superioritatea și pe plan ingineresc nu numai pe plan intelectual cartezian, a metodei REI-DIMO la marele sistem electroenergetic din nord-vestul S.U.A., denumit Boneville Power Administration. BPA cuprinde, pe lîngă CTE și CNE, numeroase și puternice CHE, în principal pe rîul Columbia, inclusiv cunoscuta Grand Coulée. De asemenea, comportă o puternică și dezvoltată rețea de transport, care alimentează mari concentrări industriale și aglomerații urbane. Vom reda textual aprecierea „beneficiarilor" W. Tinney și W. L. Powell, de la Centrul de Calcul al BPA, personalități de mare prestigiu în cercurile de vîrf ale electroenergeticii mondiale a sistemelor :

... „Metoda REI-DIMO este simplă și eficace și puternic utilizată într-un larg domeniu de aplicații. Valoarea ei a fost ferm stabilită în practică de BPA și în Europa. Ideea de bază poate fi adoptată pentru a acoperi multe situații diferite din care numai o parte s-au încercat sau sugerat aici. Un aranjament satisfăcător pentru a ține cont de considerațiile sparsității nu e greu. Teoria REI are două proprietăți unice care se disting de teoriile convenționale asupra echivalenților : (1) aproximează strîns efectul putere intrare-ieșire ale rețelei originale și (2) păstrează parțial identitatea și aproximează strîns efectul nodurilor eliminate. Din cauza acestor proprietăți este posibil să se efectueze reduceri mult mai extinse cu metoda REI, fără a degrada exactitatea rezultatelor. În general, permite o mult mai favorabilă organizare în legătură cu factorii de exactitate, convenientele calculatorului, încrederea în rezultate și alte avantaje" ...

...„Ideea originală REI este datorată total lui Paul Dimo" ...

În lucrarea : „Power Flow 2000" elaborată de un grup internațional de specialiști pentru marea firmă producătoare de tehnică de calcul „Control Data Corporation — CDC" și care reprezintă un fel de prognoză a domeniului pînă la finele mileniului, metodei și gîndirii românului Paul Dimo i se rezervă un loc de frunte.

Ne mărginim la atît. Îl felicităm pe omul de știință și inginerul român care face cinste țării și poporului său și îi urăm în continuare ani mulți și fericiți, cu bogate rezultate ale fertilei sale minți creatoare.

Redactor responsabil
dr. ing. Călin Mihăileanu

Invenţii — inovaţii*)

4) Titlul : **Procedeu de realizare a izolaţiei electrice la izolaoarele de trecere şi izolator de trecere de înaltă tensiune şi curenţi mari**

(72) Inventatori : ing. Mihai-Cristian Ţinţăreanu, ing. Ioan Haţegan
(21) Dosar nr. :100279
(22) Data înregistrării : 25.02.1980
(45) Data publicării : 30.07.1982
(51) Clasificare internaţională : H02 K 5/12 // H02 K9/00
(11) Brevet România : 79604
(73) Titular : Institutul de Cercetări şi Modernizări Energetice — Bucureşti

Invenţia se referă la un procedeu de realizare a izolaţiei electrice la izolatoarele de trecere şi la un izolator de trecere de înaltă tensiune şi curenţi mari cu izolaţia pe bază de răşini sintetice armate, executate prin roluire şi impregnare simultană cu răşină, destinat bornelor maşinilor electrice şi în special bornelor turbogeneratoarelor de mare putere în scopul asigurării următoarelor condiţii : etanşeitate, la trecerea hidrogenului, asigurarea vehiculării curentului statoric şi rezistenţă la conturnare.

Se cunosc procedee şi izolatoare cu izolaţie sintetică realizate prin roluire şi impregnarea armăturii cu răşini sintetice electroizolante fluide, în momentul execuţiei, şi cu polimerizare ulterioară, avînd armătura dintr-o folie de hîrtie electrotehnică sau ţesătură din fibre. În izolaţie se introduc straturi cilindrice tip condensator din material conductor electric, în scopul uniformizării cîmpului electric.

Se cunosc procedee şi izolatoare la care corpul izolaţiei se montează pe conductorul izolatorului sau se execută direct pe conductor, iar etanşeitatea între izolaţie şi conductor se asigură cu garnituri de etanşare la capete, strînse cu inelele metalice filetate. De asemenea, se cunosc izolatoare la care flanşa de prindere a izolatorului este metalică şi se îmbină pe izolaţie de montaj, iar etanşeitatea la îmbinare se asigură cu garnituri de etanşare.

Dezavantajele acestor procedee de izolare şi ale acestor izolatoare sînt următoarele :

— etanşeitatea ansamblului se asigură cu garnituri din materiale pretenţioase presate de un sistem de inele, piuliţe de strîngere şi şuruburi ;

— garniturile pentru etanşare se degradează în timp, pierzîndu-şi calităţile elastice şi nu mai asigură etanşeitatea ;

— piesele sistemului de presare a garniturilor de etanşare sînt metalice şi constituie elemente care, în condiţiile aceluiaşi gabarit, micşorează linia de conturare şi introduc zone de concentrare a cîmpului electric ;

— izolaţiile cu straturile de condensator din hîrtie conductoare sau folie metalică introduc în structura izolaţiei suprafeţe de separaţie, neimpregnate cu răşină ;

— la izolaţiile cu straturile de condensator din ţesătură textilă grafitată, în timpul execuţiei, în răşina electroizolantă fluidă migrează particule de grafit care înrăutăţesc calităţile izolante ;

— flanşele metalice pun probleme de încălzire din cauza pierderilor prin curenţi turbionari ; sînt necesare aliaje pretenţioase amagnetice, cu rezistivitate electrică mare, simultan cu o rezistenţă mecanică bună ; pentru bornele de turbogenerator de foarte mare putere, se prevăd chiar sisteme de răcire directă a flanşei ;

— o deficienţă generală a lacurilor şi răşinilor sintetice este degradarea în timp a suprafeţei şi slăbirea rezistenţei la conturnare, în condiţiile în care mediul este umed şi/sau poluant ; în aceste medii, durata de viaţă a izolatoarelor este redusă.

Procedeul de realizare a izolaţiei electrice la izolatoarele de trecere, conform invenţiei, înlătură dezavantajele menţionate prin aceea că, în scopul asigurării etanşeităţii ansamblului fără garnituri de etanşare şi în scopul asigurării impregnării complete cu răşină a masei izolaţiei, între izolaţia propriu-zisă şi conductor, se execută un strat intermediar pe bază de răşini care polimerizează la cald, simultan cu o comprimare puternică a stratului pe conductor de către un strat tehnologic exterior din material termocontractibil, flanşa este executată din aceleaşi materiale şi în cursul aceluiaşi proces tehnologic ca şi izolaţia propriu-zisă, făcînd corp comun cu aceasta, iar straturile de condensator înglobate sînt din ţesătură fină din fir metalic amagnetic impregnabilă cu răşină fluidă.

Izolatorul de trecere de înaltă tensiune şi curenţi mari, conform invenţiei, înlătură dezavantajele menţionate prin aceea că, în scopul eliminării sistemului de etanşare cu garnituri, lungirii liniei de conturnare, asigurării compactităţii masei izolaţiei şi creşterii duratei de viaţă în medii umede şi/sau poluante, etanşarea şi aderenţa izolaţiei pe bolţ se face printr-un strat special intermediar axial, flanşa este din acelaşi matrial cu izolaţia şi formează corp comun cu aceasta, iar pe suprafaţa izolatorului se montează, prin înfiletare, cămăşi cilindrice cu rile, care sînt şanjabile sau blocate definitiv cu răşină.

Se dă în continuare un exemplu de realizare a procedeului de izolare la izolatoare de trecere şi a izolatorului de trecere de înaltă tensiune şi curenţi mari (fig. 1).

Procedeul, conform invenţiei, în scopul execuţiei stratului de aderenţă şi etanşeitate între izolaţie şi conductorul de cupru, constă în următoarele :

— conductorul izolatorului, încălzit în prealabil la 80...90°C, este montat în dispozitivul de roluire care asigură viteza de rotaţie de 15...20 rot/min ;

— pe suprafaţa degresată a conductorului se roluieşte jumătate suprapus o bandă preimpregnată cu răşină polimerizabilă la cald pe suport de ţesătură de sticlă cu grosimea suportului de 0,02...0,04 mm, lată de 15...25 mm ; proporţia de răşină în bandă este de 35...40 % ;

— peste stratul de aderenţă aplicat anterior se aplică prin roluire 2...4 straturi de bandă de grosime 0,3...0, 4 mm, lată de 20...30 mm din ţesătură termocontractabilă cu

*) Rubrică întocmită de ing. Constantin Văideanu — ICEMENERG.

coeficient de contracție de 10...15 % la 130 °C și cu rezistență de rupere de minimum 1000 N;

— roluirea celor două tipuri de benzi se face în condițiile întinderii lor cu o forță de 40.. 60 N;

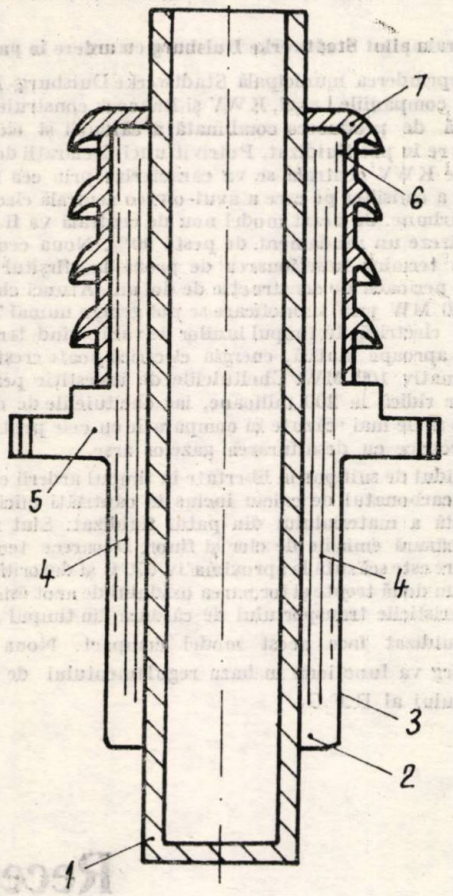


Fig. 1. Secțiune transversală printr-un izolator de trecere (bornă) pentru turbogeneratoare cu tensiunea nominală de 30 kV și curentul nominal de 15 kA.

— conductorul izolatorului cu cele două tipuri de straturi se tratează termic la 110...130 °C timp de 7...8 h;

— după răcirea liberă și înlăturarea benzii tehnologice de constricție, se continuă izolarea propriu-zisă a izolatorului prin roluirea armăturii din bandă de fibră de sticlă și impregnarea simultană cu rășină.

În cursul procesului de execuție a izolației, se introduc la dimensiunile optime prestabilite stratul de condensator din țesătură din fibre de cupru cu dimensiunea firului de 0,05...0,06mm și cu latura ochiului de 0,1...0,02 mm, țesătură penetrabilă față de rășina fluidă de impregnare. Introducere straturilor de țesătură de cupru se face, de asemenea prin roluire.

După execuția izolației propriu-zise, în cursul aceluiași proces tehnologic, se continuă execuția cu aceleași materiale prin roluire cu bandă de sticlă și impregnare cu rășină a flanșei. După execuția izolației și flanșei și după polimerizarea rășinii, suprafața izolației și a flanșei se poate prelucra mecanic.

Izolatorul, conform invenției, așa cum rezultă și din figură, are pe suprafața cilindrică a unui conductor de cupru 1 un strat special de aderență și etanșeitate 2, din bandă pe suport din fibră de sticlă, preimpregnată cu rășină electroizolantă, strat comprimat tehnologic pe suprafața conductorului, simultan cu polimerizarea rășinii. Grosimea stratului este de 0,5...1 mm și se întinde pe toată lungimea izolației. Peste stratul 2 se află corpul propriu-zis al izolației 3, în care sînt înglobate concentric cu conductorul mai multe straturi 4 de condensatoare din țesătură din fibre de cupru, cu diametrul 0,05...0,06 mm și latura ochiului de 0,1...0,2 mm. Ultimul strat de condesator aflat sub suprafața izolației este pus în contact cu carcasa generatorului printr-o legătură adusă la suprafața flanșei, iar primul strat de condensator se pune în contact printr-o legătură cu conductorul bornei.

Corpul izolației se continuă cu o flanșă 5 de prindere în carcasa generatorului. Flanșa 5 este din același material ca și izolația 3, și formează corp comun cu acesta.

În condițiile în care se cere o rezistență sporită la conturnare a suprafeței izolației, pe suprafața izolatorului 3 se poate monta prin înfiletare pe un filet 6 o cămașă izolantă 7 cu rile, pentru lungimea drumului de conturnare, din material izolant.

Filetul 6 este protejat la pătrunderea impurităților cu vaselină siliconică electroizolantă.

Suprafețele izolației 3, a flanșei 5 și a cămășii 7 se acoperă cu un lac sintetic de protecție.

În situația funcționării în medii poluante, cămașa demontabilă 7 de rezistență sporită la conturnare se poate înlocui, în caz de degradare a suprafeței.

Procedeul și izolatorul, potrivit invenției, prezintă următoarele avantaje:

— realizarea izolației, a flanșei și a etanșeității lor se face în cursul aceluiași proces tehnologic, eliminîndu-se operațiile de execuție preliminară și de montaj a sistemului de etanșare (garnituri, inele, piulițe de strîngere ș.a.) și a flanșei;

— procedeul de izolare este simplu și cere instalații necostisitoare;

— execuția izolației și a flanșei dintr-un singur corp izolant lungește linia de conturnare pentru un același singur corp izolant și lungește linia de conturnare pentru un același gabarit impus;

— cămașa cu rile demontabilă permite funcționarea și în condiții în care pot apărea poluări ale suprafeței izolatorului; în astfel de condiții, întreținerea izolatorului sau remedierea unei conturnări se face numai prin schimbarea cămășii cu rile;

— izolatorul de trecere prezintă, datorită execuției monolit a ansamblului, o siguranță sporită față de trecerea hidrogenului aflat sub presiune în interiorul carcasei generatorului;

— datorită lipsei de piese metalice, în afară de conductor, greutatea izolatorului este mai mică.

Noutăți tehnico-științifice

Darea în funcțiune a celei mai mari hidrocentrale din lume

La sfîrșitul lunii octombrie a intrat oficial în funcțiune cea mai mare hidrocentrală din lume, Itaipu, situată la granița dintre Brazilia și Paraguai.

Capacitatea centralei electrice este de 12600 MW. După etapa finală de dezvoltare — prevăzută pentru sfîrșitul acestui deceniu — va constitui un record mondial.

La începutul lui noiembrie, primul agregat din totalul de 18 turbine a fost încărcat pentru prima oară cu capacitatea nominală de aproximativ 740 MW, iar testul de aruncare a sarcinii a fost executat la sarcină totală. Aceasta reprezintă cea mai mare putere unitară a unei turbine construită de companiile care formează consorțiul CIEM.

Energia se transportă în curent continuu la tensiune înaltă de la hidrocentrala Itaipu la Sao Paulo. Transportul în curent continuu la tensiune înaltă (63000 MW, ±600 kV) va constitui, de asemenea, un record mondial.

Cărbunele este gazeificat într-o baie de fier topit

O companie din R.F.G. și o companie din Japonia au dezvoltat în comun un proiect de utilizare a unui reactor cu fier topit. Se află acum în construcție o instalație pilot care va testa fiabilitatea procesului.

Centrale cu cazane care ard combustibilul prin metoda patului fluidizat

În cazul centralei Stadwerke Duisburg de producere combinată a căldurii și electricității prin metoda arderii în pat fluidizat se prevede o cifră de 90% pentru gradul de desulfurare. Centrala care poate funcționa pe baza arderii unei game largi de combustibili are un randament de peste 90%.

Centrala pilot Stadtwerke Duisburg cu ardere în pat fluidizat

Întreprinderea municipală Stadtwerke Duisburg în cooperare cu companiile Lurgi, KWV și Babcock construiește prima centrală de producere combinată a căldurii și electricității cu ardere în pat fluidizat. Potrivit unei declarații de presă făcută de KWV centrala se va caracteriza prin cea mai bună reglare a emisiilor pe care a avut-o vreo centrală electrică care arde cărbune. Cu acest model nou de centrală va fi posibil să se realizeze un randament de peste 90%. Noua centrală trebuie să termine funcționarea de probă la sfîrșitul lui 1985, după o perioadă de construcție de doi ani. Atunci cînd se produc 140 MW prin termoficare se pot genera numai 70 MW de energie electrică. În timpul lunilor de vară, cînd termoficarea devine aproape inutilă, energia electrică poate crește pînă la aproximativ 100 MW. Cheltuielile de investiție pentru centrală se ridică la 200 milioane, iar cheltuielile de exploatare trebuie să fie mai scăzute în comparație cu cele pentru centralele electrice cu desulfurarea gazelor arse.

Bioxidul de sulf pus în libertate în timpul arderii este absorbit de carbonatul de calciu inclus în cantități mici ca parte integrată a materialului din patul fluidizat. Sînt reduse în mare măsură emisiile de clor și fluor. Deoarece temperatura de ardere este scăzută la aproximativ 670°C și datorită utilizării arderii în două trepte și formarea oxidului de azot este minimă. Caracteristicile transportului de căldură din timpul arderii în pat fluidizat face acest model compact. Noua centrală Duisburg va funcționa în baza regulamentului de protecție a mediului al R.F.G.

Recenzii

HERMINA ALBERT. **Pierderi de putere și energie în rețelele electrice**. Editura Tehnică, București, 1984, 300 p.

Apărută în ciclul *„Dezvoltarea energeticii, economia de combustibil și energie"* al Editurii Tehnice, lucrarea cu titlul de mai sus tratează un subiect de foarte mare actualitate: determinarea pierderilor de putere și energie în rețelele de transport și distribuție a energiei electrice, ca și a ansamblului de măsuri pentru reducerea acestora.

Făcînd distincția științifică între ceea ce reprezintă consum propriu tehnologic (c.p.t) și respectiv pierderi de putere și de energie într-o rețea electrică, autoarea abordează, într-o viziune sistemică, problema optimizării tehnico-economice a consumului propriu tehnologic și eliminarea pierderilor.

Istoricește vorbind, în toate statisticile, ca indicator de plan, energia electrică consumată pentru activitatea industrială, transport și distribuție, este consemnată ca o pierdere de putere, respectiv de energie, cînd, de fapt, se reprezintă un consum propriu tehnologic aferent respectivei activități industriale, și numai într-o oarecare măsură consumuri tehnic nejustificate — pierderi.

Așadar, în timp ce consumul propriu tehnologic rezultă din imposibilitatea practică a realizării unui proces perfect reversibil, potrivit celui de al doilea principiu al termodinamicii, pierderile pot și trebuie eliminate.

Dar abordarea pierderilor de putere și energie în rețelele electrice este o problemă deosebit de dificilă și aceasta atît din cauza complexității problemei în sine, cît și din cauza atitudinii față de ea. De fapt, aceasta corespunde aproximativ, celor două componente principale ale pierderilor în rețele: *pierderi tehnice* datorate abaterilor de la regimul de funcționare proiectat, dezvoltării incomplete a instalațiilor ori funcționării necorespunzătoare și *pierderi comerciale* (pozitive sau negative), care rezultă din erorile introduse de calitatea grupurilor de măsură și modul de organizare a evidenței energiei electrice, dar cuprind și unele consumuri nemăsurate, ca cel al transformatoarelor de măsură, contoare, precum și sustrageri de energie electrică.

Urmărind o tratare de ansamblu a problematicii arătate, lucrarea este structurată pe patru capitole. În primul capitol, cu caracter introductiv, se prezintă evoluția și structura pierderilor în rețelele sistemului energetic al R. S. România, precum și compararea c.p.t pentru transportul și distribuția energiei electrice din țara noastră cu cel din alte țări.

Capitolul al doilea al lucrării se ocupă de determinarea c.p.t. în faza de proiectare a instalațiilor electrice: metode, algoritme și programe de calcul ale c.p.t. de putere (calculul c.p.t. de putere, influența caracteristicii statice a sarcinii asupra c.p.t. de putere, stabilirea regimului de tensiune și de compensare în vederea determinării c.p.t. de putere, influența temperaturii conductoarelor asupra pierderilor de putere), metode, algoritme și programe de calcul ale c.p.t. de energie electrică (metoda integrării grafice, metoda curentului mediu pătratic, metoda timpului de pierderi, c.p.t. de energie în instalațiile de transport și în rețelele de repartiție a energiei electrice, precum și calculul c.p.t. în rețelele de distribuție a energiei electrice cu tensiune pînă la 1 kV), determinarea nivelului c.p.t. la proiectarea instalațiilor (metode de determinare a nivelului c.p.t. normate în România după criteriul cheltuielilor totale actualizate minime și al duratei de recuperare, bilanț energetic total cu considerarea energiei înglobate, considerarea reducerii c.p.t. în rețele ca o sursă

de energie, densitatea economică de curent), metode de determinare a nivelului c.p.t. adoptate în alte țări.

Capitolul 3 al cărții este rezervat problemelor determinării în exploatare a c.p.t. în rețelele electrice. Sînt prezentate și analizate metodele deterministe și metodele statistico-probabilistice (metoda regresiei liniare și metoda modelării printr-o funcție de gradul 2). În continuare sînt prezentate metode de calcul privind normarea c.p.t. în rețele : metode bazate pe calculul de regimuri de funcționare și metode statistico-probabilistice (metode bazate pe regresii și metode bazate pe relații empirice). În același context, în cadrul capitolului 3 se expun metodele de analiză a c.p.t. (întocmirea și analiza bilanțurilor energetice și determinarea c.p.t. în rețelele electrice de distribuție pe baza randamentului teoretic al elementelor componente) și, în final, aspecte privind considerarea pierderilor în rețele în cadrul schimbului de energie între țările membre CAER (metoda de determinare a costului pierderilor de energie electrică, metoda actuală de stabilire a schimbului de energie între sistemele energetice interconectate, cheltuielile pentru tranzitul energiei electrice, efectul economic anual de reducere a pierderilor, organizarea gestiunii interconexiunii).

Ultimul capitol al lucrării se ocupă de problematica reducerii c.p.t. și a pierderilor în rețelele electrice. După un subcapitol introductiv care prezintă aspectele generale ale problematicii (măsuri de reducere c.p.t. și a pierderilor de putere și energie activă, preocupări și rezultate în S E N și în alte țări), se tratează măsurile de reducere a pierderilor, care nu necesită investiții pentru aplicare : repartiția optimă a sarcinii între centralele electrice, creșterea nivelului de tensiune în exploatare, optimizarea funcționării în regim de sarcină minimă, optimizarea regimurilor de funcționare ale transformatoarelor din stațiile electrice, optimizarea circulațiilor de putere în rețelele buclate neomogene, debuclarea optimă a rețelelor, echilibrarea încărcării fazelor rețelei, reactualizarea și aplicarea strictă a unor reglementări în vigoare, măsuri de ordin organizatoric.

În final sînt tratate măsurile de reducere a c.p.t. care necesită investiții pentru aplicare : optimizarea structurii rețelelor, creșterea tensiunii nominale a rețelelor, compensarea puterii reactive, instalarea de mijloace suplimentare de reglaj, corelarea puterii instalate în stațiile de transformare cu sarcina acestora, mărirea secțiunii conductoarelor LEA, eliminarea dublelor transformări, îmbunătățirea parametrilor transformatoarelor.

Parcurgerea acestei lucrări evidențiază faptul că tinde spre o tratare aproape completă a problematicii pierderilor de putere și energie în rețelele electrice.

Avînd la bază o bibliografie (repartizată pe capitole) ce conține peste 80 de titluri la care se adaugă experiența prestigioasă a autoarei ca proiectant și specialist cu vechime îndelungată în domeniul investigat, cartea pe care o recenzăm, o premieră în literatura de specialitate din țara noastră, se constituie într-un tratat de o înaltă ținută teoretică și practică, în profilul disciplinelor electroenergeticii.

Desigur că mai există și alte aspecte care ar fi trebuit incluse în lucrare. Avem în vedere, în acest sens, pierderile cauzate de regimul deformant ce apar, în multe cazuri, concomitent cu regimul reactiv și nesimetric în rețelele electrice, precum și compensarea regimului reactiv concomitent cu diminuarea efectelor regimului deformant prin montarea de filtre absorbante în rețelele electrice sau la consumatori. Infuzarea mai multor exemple de calcul în conținutul lucrării ar mări, desigur, interesul cititorilor care activează în domeniul practicii legate de regimurile economice de funcționare ale rețelelor electrice. Fără îndoială însă că cele arătate nu scad valoarea științifică incontestabilă a lucrării, aceasta putînd fi completată la o eventuală nouă ediție.

Prin conținutul său, și mai ales prin structura și metodica originală de abordare și tratare sistemică a pierderilor de putere și energie în rețelele electrice, precum și a diferitelor aspecte ale acestora, lucrarea se adresează unui larg cerc de cititori cu preocupări din domeniul electroenergeticii (proiectare, exploatare, conducerea activității în industrie), precum și studenților electroenergeticieni.

Ing. Romulus Sfichi

IEIRIEDEET — Suceava

Accidente la construcții hidrotehnice, I.S.P.H., București, iunie 1984, 634 pag.

Lucrarea se înscrie în ansamblul preocupărilor tehnice de actualitate din țara noastră și străinătate privind creșterea gradului de siguranță în exploatare a amenajărilor hidrotehnice. Conținînd o amplă analiză a accidentelor, uneori catastrofale, care au avut loc la baraje în ultimele decenii, în lume, prezentate în publicațiile ICOLD și literatura de specialitate, precum și a accidentelor și incidentelor survenite la construcțiile hidrotehnice din țara noastră, în general de proporții mai reduse, lucrarea reprezintă o monografie interesantă, utilă și în mare măsură inedită.

Lucrarea are la bază ideea că din analiza accidentelor rezultă întotdeauna învățăminte, experiență, acumulare de date tehnice, care permit să se evite repetarea erorilor în activitatea de proiectare, execuție și exploatare, aceste evenimente oferind singurele posibilități de evaluare la scară naturală a valabilității ipotezelor, metodelor și tehnologiilor folosite pentru proiectarea și realizarea construcțiilor hidrotehnice.

Expunerea problematicii accidentelor la construcțiile hidrotehnice este făcută la un nivel tehnic ridicat, reușind să pătrundă în esența fenomenelor și să prezinte într-o formă condensată și foarte bine sistematizată informații deosebit de interesante asupra stărilor limită care produc cedarea construcțiilor hidrotehnice. Lucrarea pune la dispoziția specialiștilor o bogată documentare pentru perfecționarea concepțiilor și soluțiilor privind realizarea construcțiilor viitoare. Analiza statistică a cedărilor de baraje, prezentată cu abundență de date în lucrare, dă o indicație obiectivă asupra direcțiilor în care trebuie să se concentreze atenția și eforturile cercetătorilor și proiectanților pentru a se putea evita în viitor repetarea unor evenimente cu efecte adeseori tragice.

Structurată în trei părți (22 capitole), lucrarea acoperă aproape în întregime aria tematică a accidentelor la construcții hidrotehnice.

Partea întîi, cuprinzînd 5 capitole, tratează aspecte și probleme de ordin general : definiții, clasificări, date statistice, cauzele accidentelor, considerații privind fenomenul de cedare, conceptul de risc și siguranța construcțiilor hidrotehnice. Se expun diverse tipuri de accidente ce pot apărea la baraje de diferite tipuri constructive, cît și la alte uvraje hidrotehnice (prize, galerii, canale, centrale) și echipamente hidromecanice. Sînt prezentate aspecte legate de modificările morfologice ale albiilor și cuvetelor (colmatări și eroziuni), cît și stabilitatea versanților în zona lacurilor de acumulare. O atenție specială se acordă problemelor privind profilaxia accidentelor (supravegherea comportării construcțiilor, avertizarea și alarmarea zonelor afectate de potențiale accidente).

Partea a doua (5 capitole) prezintă o bogată cazuistică : 70 accidente survenite la baraje și alte construcții hidrotehnice din străinătate, selecționate din bibliografia de specialitate. Cazurile sînt prezentate în mod unitar, dîndu-se pentru fiecare în parte prezentarea lucrării la care s-a produs accidentul, descrierea, cauzele și efectele acestuia, remedieri, comentarii asupra accidentului.

Partea a treia, conținînd 8 capitole, prezintă 86 accidente și incidente care au survenit la amenajările hidrotehnice din țara noastră. Accidentele sînt grupate pe categorii : tipul construcției (baraje, diguri, prize, derivații, centrale), locul accidentului (în corpul construcției în fundații, la echipamente hidromecanice, în zona lacurilor de acumulare), cauza accidentului (infiltrații, sufozii, eroziuni, depășirea capacității evacuatoarelor de ape mari, depășirea capacități portante a terenului, fenomene de îmbătrînire etc.).

Prezentarea este susținută de un bogat material grafic (schițe, diagrame, fotografii), care ilustrează și completează textul și dă lucrării, în ansamblu, un aspect atrăgător și ușor de urmărit.

Bogata experiență a coordonatorului principal al lucrării, ing. Mircea Rațiu, atît în activitatea de proiectare a barajelor, cît și în activitatea de urmărire a comportării construcțiilor hidrotehnice, a constituit chezășia reușitei acestei valoroase opere, lucrare de referință în literatura tehnică de specialitate, fapt dovedit și de interesul cu care a fost primită această carte.

Ing. Marin Popescu

I.S.P.H.

V. I. NITU. **Principiile fundamentale ale proiectării politicilor energetice.** Editura Academiei R.S.R., București — 1984, 264 p.

Direcțiile de dezvoltare în energetică, pentru orice țară, implică o fundamentare științifică multilaterală, integrată într-un sistem coerent de legi și principii. Cartea profesorului V. I. Nitu și-a propus să dea un răspuns unor astfel de cerințe. Avînd la bază experiența autorului în domeniul proiectării și cercetării energetice, ca urmare a unei îndelungate activități în acest sector, cartea la care ne referim reprezintă o premieră în literatura de specialitate din țara noastră asupra unei problematici de mare actualitate privind principiile fundamentale ale proiectării politicilor energetice. După cum spune însuși autorul, lucrarea nu are pretenția de a prezenta un „sistem de legi și principii" absolut și general valabil, ci o gîndire coerentă, dialectică, care ține seama de condițiile obiective ale lumii contemporane, perfectibilă în timp și deschisă în continuare dezbaterilor și confruntărilor.

Lucrarea este structurată pe 12 capitole, care se succed într-o ordine ce vizează în final stabilirea căilor și mijloacelor de optimizare a dezvoltării energetice a societății.

Astfel, după o introducere ce analizează fenomenul energetic pe baza principiilor care îl guvernează și în lumina legii entropiei, se trece la prezentarea principiilor fundamentale ale proiectării sistemelor de energie (cap. 1), pornind de la definiția energeticii ca știință interdisciplinară.

În capitolul 2 al lucrării se tratează problema resurselor energetice epuizabile și regenerabile ca elemente materiale fundamentale privind dezvoltarea energetică a unei țări : caracterul dinamic și principalele caracteristici ale resurselor energetice, metodologia clasificării, confirmării și evidenței rezervelor de combustibil, definirea potențialului energetic al resurselor noi și regenerabile, prognoza resurselor energetice.

Capitolul 3 se ocupă de prognoza necesarului de energie (pe termen scurt, mediu și lung) al societății, tratîndu-se metodele de prognoză ale acestui necesar.

Capitolul 4 al lucrării este rezervat tratării balanțelor și bilanțurilor energetice. Pornind de la adevărul incontestabil că balanța de combustibil a unei țări, inclusiv importul, trebuie să fie riguros fundamentate, în cadrul capitolului se dau definiții, clasificări și relații cu privire la bilanțurile și balanțele energetice și apoi se expun metodele de optimizare a balanțelor energetice.

În cadrul capitolului 5 se prezintă problematica sistemelor energetice ca subsisteme ale ecosistemelor și economiilor naționale : definiții, clasificări, principii, graficele de sarcină ale sistemelor electroenergetice, macrosistemele de energie ca subsisteme ale ecosistemelor, ponderea, calitatea și rolul energiilor regenerabile, macrosistemele energetice ca subsisteme ale economiei naționale.

Dimensionarea rațională a configurațiilor, rezervelor și stocurilor sistemelor energetice, precum și fiabilitatea acestor sisteme constituie obiectul capitolului 6. În cadrul capitolului sînt tratate următoarele probleme : indicatorii de fiabilitate ai sistemelor energetice (metode de calcul), disponibilitatea instalațiilor energetice, mentenanța și mentenabilitatea instalațiilor energetice și, în final, stocarea energiei primare — cale eficientă pentru creșterea siguranței în alimentarea cu energie a societății.

Avînd în vedere caracterul eterogen al sistemelor energetice, influența lor puternică asupra mediului înconjurător obligă la o tratare diferită a dezvoltării acestora pe baza legii entropiei. În acest sens, capitolul 7 al lucrării tratează dezvoltarea sistemelor energetice în contextul utilizării legii entropiei : legea entropiei aplicată sistemelor informaționale, definiții, noțiuni, legea entropiei și sistemele energetice.

Capitolul 8 al cărții se referă la interdependența caracterului sistemic al energeticii și al formelor organizatorice, insistînd asupra formelor organizatorice corespunzătoare actualei etape a energeticii.

În cadrul celui de al nouălea capitol se analizează corelația creșterii consumului de energie și nivelul tehnic al tehnologiilor energetice.

Luînd în considerare faptul că energetica viitorului este energetica noilor tehnologii, în capitolul 9 al cărții sînt tratate următoarele aspecte : clasificarea tehnologiilor energetice (îmbunătățirea tehnologiilor actuale de conversie, producția combinată de energie electrică și căldură, alimentarea centralizată cu căldură din reactoare nucleare specializate, cicluri combinate abur-gaze, ciclul magnetohidrodinamic), tehnologii cu contribuție la atragerea în balanța energetică a combustibililor nucleari și, respectiv, a surselor inepuizabile (conversia energiei solare în alte forme de energie, energia eoliană, valorificarea energetică a deșeurilor menajere, energia valurilor, energia geotermală, biogaz), tehnologii mixte care utilizează compuși organici și anorganici (pile de combustie), tehnologii de economisire a energiei și substituire a hidrocarburilor (pompe de căldură, tehnologii de conversie a căldurii de potențial termic redus în energie electrică ș.a.), tehnologii de realizare a noi purtători de energie (hidrogen, metanol ș.a), tehnologii noi de producere și transport al energiei electrice, tehnologii de stocare și, în final, ingineria calității și disponibilității.

Impactul instalațiilor energetice asupra mediului natural și social este tratat în capitolul 10. Pornind de la adevărul că activitatea energetică este o activitate puternic entropică, în cadrul acestui capitol se dezvoltă următoarea problematică : compatibilitatea sistemelor de energie cu mediul natural (poluarea chimică, poluarea termică a apelor, poluarea radioactivă, poluarea electromagnetică, impactul surselor regenerabile de energie asupra mediului ambiant, influența lacurilor de acumulare asupra scoarței terestre, încadrarea instalațiilor energetice în mediul înconjurător), interacțiuni ale sistemului om — mediu natural — instalații energetice și, în final, compatibilitatea macrosistemelor energetice cu mediul social.

Capitolul 11 al lucrării este rezervat problemei conducerii centralizate a sistemelor energetice.

Avînd în vedere faptul că dezvoltarea sistemelor și subsistemelor energetice amplifică fluxul de informații și de interdependențe, aceasta impune organizarea unui sistem suprapus informațional, ierarhic organizat și coordonat de un dispecer energetic național. În acest context, după cîteva considerații generale sînt analizate următoarele probleme : necesitatea măsurării cantității de informație, codificarea și transmisia informației (noțiuni de teoria informației, noțiuni de codificare și transmiterea informației, calea de transmitere a informației), conducerea prin dispecer a sistemului energetic național, metode de stabilire a unei baze de date în vederea evaluării siguranței pe termen scurt.

Ultimul capitol al cărții se ocupă de optimizarea dezvoltării energetice a societății (restricții, factori dinamizatori, limite).

Din prezentarea lucrării „Principiile fundamentale ale proiectării politicilor energetice", rezultă complexitatea tematicii abordate, tratată la un nivel deosebit de elevat, ceea ce o face deosebit de utilă procesului de fundamentare a deciziilor cu privire la căile de dezvoltare a energeticii unei țări. Fără îndoială că astăzi energia reprezintă o problemă globală a lumii contemporane, aceasta însă nu înseamnă că la scara fiecărei națiuni nu trebuie adoptate prognoze pe termen lung privind căile dezvoltării energetice.

Ancorat puternic în viziunea politicii energetice naționale din țara noastră, conținutul cărții prof. V. I. Nitu reflectă o profundă și sistematică analiză a celor mai importante aspecte legate de orientarea politicilor energetice ale țărilor în scopul realizării progresului neîntrerupt al vieții economice și sociale. Cartea la care ne referim continuă și în același timp sintetizează investigațiile autorului în domeniul energeticii, publicate într o serie de alte volume : „Eazele teoretice ale energeticii", apărută în 1977, „Economia energeticii" (vol. I și II), apărută în 1981 și altele.

Prin conținutul, modul de organizare și prezentare a materialului, lucrarea se adresează studenților din facultățile tehnice și economice, inginerilor și economiștilor, cercetătorilor, proiectanților, conducătorilor din sistemul energetic, specialiștilor din domeniul exploatării sistemelor și subsistemelor energetice și, în final, tuturor celor interesați și preocupați de problemele energetice contemporane.

Ing. Romulus Sfichi
IEIRIEDEET — Suceava

VLAD ILIE și col. **Utilizarea energiei vîntului**. *Editura tehnică, București, 1984, 416* p.

Cartea cu titlul de mai sus, elaborată de un colectiv de autori din cadrul Laboratorului de cercetare a utilizării energiei vîntului din Brașov, reprezintă o premieră în literatura tehnică din țara noastră. Apariția acestei lucrări de mult așteptată și deosebit de bine primită în rîndul specialiștilor, constituie un prețios factor de antrenare a cît mai multor colective interdisciplinare la studiul pentru punerea în valoare a potențialului energetic eolian al țării noastre.

Energia vîntului a fost una din cele mai vechi forme de energie folosite de om în afara celei animale. Deși în sfera preocupărilor actuale energia vîntului mai este considerată drept o sursă nouă, este de subliniat că aceasta a asigurat în trecut o mare parte din energia necesară omenirii. Ținînd seama de faptul că țara noastră dispune de un potențial energetic eolian apreciabil este de așteptat ca în viitor vîntul să dețină o pondere din ce în ce mai însemnată în balanța energetică.

Avînd în vedere toate acestea, cartea la care ne referim abordează, pe parcursul a 13 capitole, o paletă amplă de aspecte privind utilizarea energiei eoliene, începînd de la inventarierea resurselor și terminînd cu prezentarea realizărilor atît de pe plan mondial, cît și din țară.

Succesiunea capitolelor lucrării urmărește o logică de sistem ce pleacă de la resurse la realizări și performanțe privind conversia energiei eoliene în alte forme de energie, cu referiri substanțiale la practica și perspectivele ce se deschid utilizării acestei forme de energie. Primele trei capitole, cu caracter introductiv, se referă la modul de punere a problemelor utilizării energiei eoliene, istoria și perspectivele de valorificare a acestei energii în contextul crizei mondiale de energie. *Capitolul 4* se ocupă de potențialul energetic al vîntului: natura apariției vîntului, caracteristicile vîntului (variația zilnică și anuală a vitezei și direcției vîntului, circulația generală a atmosferei, vînturile locale periodice), potențialul energetic eolian (noțiuni, modele probabilistice ale vîntului, profilul vertical al vîntului, probleme tehnico-economice privind utilizarea potențialului energetic eolian). *Capitolul 5* tratează problemele clasificării, de codificare și simbolizare a captatorilor colieni după diverse criterii: cinematic, al poziției axului, al principiului de funcționare, al tipului, al orientării, al forțelor motrice și criteriul denumirii. În *capitolul 6* este făcută descrierea captatorilor colieni: captatori colieni dinamici (mașini coliene cu ax orizontal, cu ax înclinat și cu ax vertical) și captatori colieni statici. *Capitolul 7* prezintă elemente de teoria turbinelor coliene: cîmp de viteze, ecuații fundamentale, noțiuni de acrodinamică, modele matematice în teoria dinamică a turbinelor coliene, particularități ale aplicării teorici la diferite tipuri de mașini coliene (turbina Darrieus, turbina Svonius, turbina cu pale tractante), caracteristici aerodinamice ale diferitelor mașini coliene (mașini coliene cu ax orizontal tip elice, respectiv cu ax vertical). În *capitolul 8* sînt prezentate dispozitive și mecanisme de reglare pentru turbinele coliene cu ax vertical, cu ax orizontal, cu pale mobile. *Capitolul 9* se ocupă de problematica dimensionării pieselor și a mecanismelor instalațiilor coliene: condiții de funcționare și regim de calcul componența sistemelor, dimensionarea pieselor și a mecanismelor principale ale turbinelor cu ax orizontal, respectiv cu ax vertical, dimensionarea turnului turbinelor coliene. În *capitolul 10* se prezintă elemente privind studiul schemelor de conversie a energiei vîntului în alte forme de energie: etapele conversiei, utilizarea energiei pentru pomparea apei, conversia în energie electrică sau termică și, în final, pentru producerea aerului comprimat. *Capitolul 11* tratează problemele de stocare a energiei eoliene: stocarea energiei mecanice, stocarea electrochimică (prin intermediul acumulatoarelor acide, alcaline și speciale), sisteme electrice de stocare (electromagnetică și electrostatică), stocarea energiei termice a aerului comprimat, stocarea hidraulică și, în final, stocarea hidrogenului. În *capitolul 12* al lucrării se descriu unele instalații coliene realizate în țară și străinătate de puteri pînă la 3 MW.

Lucrarea se încheie cu un capitol (13) care se referă la problemele practice și de perspectivă ale energeticii eoliene: realizare, montare și exploatare, fiabilitatea instalațiilor coliene, concepții constructive și tehnologice și, în final, zonarea energetică eoliană a României — criterii de alegere a amplasamentelor instalațiilor coliene.

Lucrarea reprezintă de fapt o monografie de mare întindere, care abordează aproape exhaustiv întreaga problematică a utilizării energiei eoliene. Impresionează numărul foarte mare al referințelor bibliografice (280), la care se adaugă experiența valoroasă a cercetării autorilor, care-și desfășoară activitatea, de mai mulți ani, în acest domeniu. Un rol important în documentarea autorilor l-a constituit literatura din brevetele de invenții (111 referințe). Deși lucrarea este de factură inginerească, unele capitole se situează la o înaltă ținută teoretică, caracterizată prin utilizarea unui limbaj matematic la un nivel deosebit de elevat. Pentru cititorul interesat ar fi prezentat o mai mare utilitate includerea unor exemple concrete de calcul pentru diversele capitole din lucrare. Este indicat, de asemenea, că la o eventuală nouă ediție a lucrării bibliografia să fie distribuită pe capitole. Totodată, formalizarea matematică (ce se poate pune și pe calculator prin programe de calcul adecvate), ar trebui dezvoltată în sensul utilizării ei de către proiectanții de investiții care se ocupă de microcentralele coliene. Diversificarea gamei de instalații coliene de puteri mici (necesare mai ales populației din zonele montane) și prezentarea acestora (inclusiv pentru unele folosințe tradiționale, cum ar fi morile rurale ș.a.) ar crește și mai mult gradul de interes al acestei valoroase lucrări. Progresele realizate pe plan mondial în domeniul cibernetizării acestor instalații prin folosirea tot mai accentuată a microprocesoarelor fac posibil că acest aspect, mai puțin tratat în lucrare să fie de asemenea dezvoltat la o următoare ediție.

În legătură cu unele mici defecțiuni de fond și de eventuală tipărire ale lucrării se semnalează necesitatea ca într-o eventuală nouă ediție să se urmărească mai îndeaproape utilizarea sistemului internațional de unități de măsură (SI), în paralel cu sistemul existent, cu o mai bună corelare a folosirii notațiilor: Ca exemplu, în lista de notații $\lambda = \omega R/V_\infty$ reprezintă un raport de viteze, iar în conținutul cărții aceeași notație λ reprezintă densitatea defectării unui sistem (subcapitolul 13.2 p. 374—385). În același context se consideră necesară o minuțioasă verificare în legătură cu preluarea unor relații de calcul din literatura de specialitate și explicitarea simbolurilor literare folosite. S-ar mai putea adăuga faptul că unele probleme de protecție a instalațiilor coliene împotriva loviturii directe a trăsnetului, ca și impactul acestora asupra mediului înconjurător (în legătură cu poluarea sonoră și perturbațiile asupra undelor radio și televiziune) sînt mai puțin tratate în conținutul lucrării. Deși conținutul grafic al cărții este destul de bogat, acesta nu este totdeauna și destul de inteligibil din punctul de vedere al imprimării. Toate cele semnalate nu scad însă meritele tehnico-științifice ale lucrării, care reprezintă o premieră reușită în literatura tehnică din țara noastră. Este de asemenea de remarcat optimismul autorilor, care se degajă din conținutul lucrării, cu privire la opțiunile legate de alternativa energetică eoliană. Din acest punct de vedere cartea se constituie într-o veritabilă pledoarie în sprijinul creșterii gradului de amenajare a potențialului energetic eolian economic amenajabil, în pofida faptului că diverse alte păreri susțin ideea că energia eoliană și marcele nu pot schimba esențial tabloul general al rezervelor de energie inepuizabile și amenajabil economic ale Pămîntului.

Prin tematica și conținutul său, cartea se adresează unui cerc larg de specialiști din domeniul cercetării, proiectării, construcției și exploatării instalațiilor pentru utilizarea energiei coliene. În aceeași măsură lucrarea este utilă cadrelor didactice și studenților din învățămîntul superior de specialitate. Se subliniază, în final, meritul deosebit al Editurii tehnice în legătură cu publicarea în ciclul „Surse noi de energie" a acestei prestigioase lucrări.

Ing. Romulus Sfichi
IRE — Sucea va

GH. MAGLAVICEANU, E. PUTNOKY R. SCHWARZ, NIC. SZILLY **„Un secol în slujba luminii"** — Timişoara, octombrie, 1981

Cu ocazia sărbătoririi centenarului introducerii iluminatului public electric în Timişoara (şi în România), întreprinderea timişoreană a publicat un volum intitulat sugestiv „UN SECOL ÎN SLUJBA LUMINII"...

Autorii au selectat, dintr-un bogat material documentar, adunat cu migală şi pasiune, numai principalele date tehnice şi evenimente semnificative necesare pentru prezentarea, într-o formă cursivă şi atractivă, a realizărilor a patru generaţii de energeticieni bănăţeni.

Ei au încercat — şi reuşit — să redea „... în citeva zeci de pagini un secol de muncă".

În capitolul 1 (Introducere) se arată că, la data de 27 sept. 1884, s-a aprins primul bec electric pe străzile Timişoarei. Evenimentul este atestat de articolul publicat în ziarul „Luminatoriulu" la data de 22 sept. (4 octombrie) 1884, sub titlul „Lumenare electrica, în Timisióra", în care se menţionează (cap. 2): „... Orasiul Timisióra este primul şi unicul ... carele a făcut începutul cu întrebuinţarea „bunetaţiilor elementare" el facand contract cu societatea englezésca electro-tehnica Brush, ca se ilumineze orasiul tot cu-lumena? ba, mai corect e se-i dicem: „strălucire" electrica". (În Iaşi becul electric era numit, în aceeaşi perioadă, „soarele electric" n.n.).

Darea oficială în funcţiune a instalaţiilor de iluminat public electric s-a făcut la data de 12 noiembrie 1884.

În primul an au fost montate 731 lămpi cu incandescenţă, cu filament de cărbune, de tip Fox, şi 16 lămpi cu arc.

Lămpile grupate cite 8 în paralel, erau alimentate de la cite un dinam serie de curent continuu 2000 V, 10 A. Centrala electrică a fost folosită pînă în 1887 exclusiv pentru iluminatul public. După acest an s-a început furnizarea energiei electrice la particulari, instituţii (Teatrul Naţional — 1888) sau la diverse întreprinderi.

În continuare, se prezintă etapele următoare din istoricul întreprinderii: răscumpărarea de către primărie a instalaţiilor şi înfiinţarea „Uzinei electrice a oraşului Timişoara" (1892), darea în folosinţă a tramvaielor electrice (27 iunie 1899), darea în funcţiune a primelor cazane cu abur supraîncălzit din ţară (1901), introducerea curentului alternativ 2 × 2000/105 V 42 Hz (1901), preluarea de către primărie a tramvaielor electrice (1903), scoaterea din funcţiune a instalaţiilor de curent continuu (1904), darea în funcţiune a primei centrale hidroelectrice de tip centrală-baraj (3 mai 1910), darea în funcţiune a primului turbogenerator 3000 CP 2100 V 42 Hz (1913) etc.

În capitolul 3 este prezentată evoluţia instalaţiilor electroenergetice din Timişoara şi Banat, şi anume: reţele electrice de distribuţie secundară (joasă tensiune), reţele electrice de înaltă şi medie tensiune, aparataj de măsură şi control, protecţia la supratensiuni atmosferice, tratarea neutrului, punctîndu-se evenimentele principale (modernizarea instalaţiilor de producere şi distribuţie — 1926; extinderea electrificării rurale, terminată la 1 mai 1965; prima linie de 35 kV (1954); trecerea la tensiunea de 20 kV a reţelelor de 15 kV, acţiune încheiată în 1977; realizarea primelor instalaţii de telecomandă — 1961 etc.).

În capitolul 4 este dată evoluţia structurii organizatorice a unităţii şi subunităţii (contopirea uzinei electrice cu tramvaiele comunale şi înfiinţarea întreprinderii electrice a municipiului Timişoara — 1938; înfiinţarea Societăţii regionale de electricitate Timişoara — 1948; mutarea sediului SRE de la Arad la Timişoara (15 sept. 1949); înfiinţarea Energocombinatului nr. 4 (1953); înfiinţarea Întreprinderii regionale de electricitate IRET (1 mai 1958) etc.).

În 1973 şi 1983 întreprinderea a fost distinsă cu Ordinul Muncii cl. II-a.

În celelalte capitole se prezintă: Conducerea operativă prin dispecer (cap. 5.); Activitatea de întreţinere şi exploatare a instalaţiilor (cap. 6.); Activitatea de proiectare (cap. 7.); Ritmurile de dezvoltare a activităţii de construcţii montaj (cap. 8.); Acţiuni principale pentru creşterea nivelului tehnic al instalaţiilor (cap. 9); Realizări pe linia introducerii progresului tehnic şi al tehnologiilor avansate (cap. 10); Evoluţia unor indicatori specifici, privind siguranţa în funcţionare a instalaţiilor electroenergetice (cap. 11).

Evenimentele deosebite înregistrate, care au perturbat continuitatea în alimentarea cu energie electrică a abonaţilor, sînt prezentate în cap. 12, însoţite de reproduceri din presă, judicios alese, ca de exemplu articolul din ziarul „Luminatoriulu", din 17/29 octombrie 1884 intitulat „Întuneric în Timisióra" („De cînd s-a început cu luminarea electrică a orasiului, într'o noapte, duminec'a spre lunea trecută, remaserăm tóta noaptea în întuneric şi încă, din fatalitate, chiar în nóptea în care sosise reprezentantul ministerial ca să confirme oficios folosibilitatea luminaţiei electrice").

Sînt prezentate în continuare alte date semnificative: Indicatorii tehnico-economici ai activităţii (cap. 13); Relaţii cu consumatorii (cap. 14); Ateliere şi laboratoare, dotări şi autodotări (cap. 15); Activitatea de transporturi (cap. 16); Prelucrarea automată a datelor (cap. 17); pregătirea personalului (cap. 18); Imbunătăţirea condiţiilor de muncă şi de viaţă (cap. 19); Evoluţia consumurilor şi preocupări pentru reducerea lor (cap. 21); Perspectiva dezvoltării sistemului energetic în zona Banat (cap. 22); Activitatea cultural-artistică şi sportivă (cap. 23).

... „Lucrarea de faţă depăşeşte cadrele unei monografii obişnuite, căutînd să dea detalii, constituind o documentare pentru specialişti şi publicul avizat. Sperăm că întocmirea ei de către oameni mai puţin deprinşi cu stilul şi creaţia artistică să fie compensată de calitatea informaţiilor şi de dorinţa fierbinte de a aduce un omagiu acelora care trudesc pentru ca sîngele civilizaţiei moderne — energia electrică — să circule pe arterele ei de metal, tuturor oamenilor onesti, cinstiţi şi anonimi care prin munca lor de furnică au sădit şi acordat LUMINA".

Acest deziderat din Prefaţă îşi găseşte deplină realizare în ultimul capitol, emoţionant prin mesajul său plin de umanism: ... *„Despre cei care le-au făcut pe toate ...*

Acest capitol confirmă elocvent răspunsul la întrebarea ce o formula directorul întreprinderii timişorene în Cuvînt înainte: „de ce aceste priorităţi au avut loc tocmai la Timişoara? *AICI S-AU GĂSIT TOT TIMPUL OAMENI DESTOINICI, CU DRAGOSTE DE ORAŞUL ŞI DE MUNCA LOR, CARE N-AU PRECUPEŢIT EFORTURILE PENTRU A REALIZA CEVA DEOSEBIT".*

Lucrarea colectivului din Timişoara este dovada că astfel de oameni se găsesc şi acum în frumosul oraş de pe malul Begăi. Le mulţumim pentru munca lor dezinteresată şi (de aceea) atît de utilă. Îi încredinţăm, că, deşi, „astăzi avem tot mai puţin timp pentru aducere aminte", lucrarea lor, care completează valoroasele lucrări monografice ale energeticienilor timişoreni, ne va reaminti mereu că „Banatu-i fruncea"!.

Ing. Constantin Ostap
IRE Iaşi

CERCHEZ MIHU **Pitagora**. Editura litera, Bucureşti, 1984, 136 p.

Cartea scrisă de profesorul universitar Cerchez Mihu şi publicată în anul 1984 constituie un eveniment de cultură şi totodată un omagiu adus titanului gîndirii matematice de la începuturile acestei ştiinţe. Dezvoltată pe numai circa 130 pagini, cartea reaminteşte unora şi informează pe alţii despre: aspecte din viaţa şi din opera lui Pitagora; în special despre celebra lui teoremă cu cele 24 demonstraţii (din 366 cunoscute în prezent) şi generalizări, particularizări, aplicaţii ale acesteia, precum şi despre numere pitagoreice.

Anul 584 î.e.n. este data imprecisă, dar cea mai probabilă a naşterii lui Pitagora.

Pitagora s-a născut în insula Samos-Grecia şi a învăţat cu Thales din Milet. Tirania conducătorului local, Polycrate, l-a determinat să se strămute în sudul Italiei unde, la Cretona, a înfiinţat şcoala pitagoreică, avînd preocupări filozofice şi ştiinţifice. Discipol al său — poate chiar sclav — a fost, după afirmaţiile lui Herodot, marele legislator Zamolxes al strămoşilor noştri geto-dacii.

Cartea redă o frescă semnată de Rafael, în care Pitagora înconjurat de discipolii săi, lucrează sau meditează; alături de ei se află şi frumoasa Teano, soţia lui Pitagora.

Atenţia lui Pitagora a fost reţinută în mod deosebit de proprietatea triun-

ghiului dreptunghic-cunoscută anterior pe baza măsurărilor conform căreia : suma patratelor catetelor este egală cu patratul ipotenuzei, adică $a^2 + b^2 = c^2$. Pitagora a arătat că această relaţie este independentă de rezultatele aleatoare ale măsurărilor practice, fiind o consecinţă a proprietăţilor triunghiului dreptunghic; în acest mod el a realizat cea dintîi înlănţuire logică, denumită de atunci *demonstraţie*; astfel, el a declanşat puterea raţiunii. *Această primă demonstraţie constituie actul de fundare a ştiinţelor matematice*. În şcoala pitagoreică, raţionamentul şi demonstraţia au înlocuit pentru totdeauna metodele empirice. Pitagora a stabilit, de asemenea, relaţiile pentru calculul triadei de numere întregi care exprimă catetele şi ipotenuza triunghiului dreptunghic, în funcţie de un număr natural arbitrar.

Lui Pitagora i se atribuie prin tradiţie descoperirea tablei înmulţirii. El a dat primul exemplu de numere amiabile (fiecare este format din suma divizorilor celuilalt). Întrebat fiind cum trebuie să fie relaţiile dintre doi oameni ca să se poată denumi prieteni adevăraţi, Pitagora a răspuns : să se comporte ca numerele amiabile, 220 şi 284 (adică fiecare să fie celălalt eu).

Pentru Pitagora şi discipolii săi, universul şi componentele lui se abstractizau prin *numere exclusiv întregi pozitive*; zero şi întregii negativi nu existau în concepţia lor. Atribuiau numărului întreg semnificaţia unui real care străbate printre datele practice, avînd stabilitate şi invarianţă. Pentru Pitagora : totul este număr. Pitagoreicul Philolaos afirma că : tot ce se poate recunoaşte are număr, căci fără număr nu este posibil să cuprinzi ceva cu gîndul sau să recunoşti. Deviza pitagoreicilor, scrisă pe frontispiciul şcolii din Cretona, era : *oi aritmoi kubernoyn ton kosmo*, adică numerele guvernează lumea.

Pitagora a fost profund dezamăgit cînd a constatat faptul evident, că dacă în triunghiul dreptunghic $a = b = 1$, rezultă $c = \sqrt{2}$, care nu mai este număr întreg. El a demonstrat însă astfel *iraţionalitatea numerelor*, care în gîndirea epocii era o nonexistenţă. Pentru a nu se nărui mitul numerelor întregi, au ţinut în ascuns o bună perioadă de timp numărul iraţional $\sqrt{2}$.

Cartea se încheie cu o poezie „Pitagora" scrisă de matematicianul şi poetul Ion Barbu (1895—1961), iar matematicianul profesor Ion Grigore (n. 908) a dedicat patru versuri deviziei „mundum regunt numeri" : „Originar din Samos, un om, un muritor,/Enunţă în Cretona perceptul uimitor,/Înscris pe veci în templul pitagorician/Că numărul e lege, e unic suveran".

Demonstraţia şi numărul sînt conceptele edificiului şcolii pitagoreice.

Constantin I. Staicu
ICEMENERG

E. POP, V. STOICA şi S. CRIŞAN
Măsurări în energetică. Editura Facla, Timişoara, 1981, 336 p.

Cartea cu titlul de mai sus reprezintă prima încercare, în literatura noastră tehnică, de integrare a cunoştinţelor teoretice şi practice necesare inginerului energetician. Măsurarea corectă a parametrilor instalaţiilor şi a mărimilor de stare ale elementelor sistemului energetic raţional are un rol deosebit de important în economisirea şi gospodărirea judicioasă a energiei, a creşterii performanţelor de siguranţă, în alimentarea continuă şi la parametri corespunzători a consumatorilor. În acest context, cartea aduce un preţios aport la îmbogăţirea literaturii de specialitate, conturînd, într-o viziune sistemică, un ansamblu de cunoştinţe care cuprind atît aspecte generale, principii şi metode, cît şi informaţii privind construcţia aparatelor de măsurat şi caracteristicile acestora.

Cartea este structurată pe zece capitole, dintre care patru tratează problemele generale ale măsurătorilor, trei se ocupă de măsurările electromecanice, un capitol este rezervat măsurărilor în centralele termoelectrice, un altul — măsurărilor în instalaţii hidroenergetice şi, în final, capitolul 10 se ocupă de telemăsurări.

Primul capitol are un caracter introductiv şi se referă la unităţile de măsură şi la aspectele generale privind măsurarea. Al doilea, tratează probleme de teoria măsurării : erori sistematice, întîmplătoare, grosiere, calculul erorilor măsurărilor indirecte şi modalităţile de exprimare a erorilor. Cel de al treilea capitol prezintă mijloacele şi metodele de măsurare şi clasificări. În capitolul 4 sînt tratate caracteristicile dinamice ale aparatelor de măsurare : funcţia de transfer, răspunsul sistemului la diferite semnale, procese tranzitorii, comportarea elementelor de ordinul unu şi doi. Capitolul 5 se ocupă de mijloace de măsurare pentru mărimile electrice : instrumente analoage (electromecanice, termice, electrochimice) şi aparate numerice. Traductoarele de măsurare constituie tema celui de-al şaselea capitol al lucrării, care se referă la : şunturi, divizoare de tensiune, transformatoare de măsură, amplificatoare, redresoare, detectoare de vîrf, traductoare de diferite tipuri, inclusiv traductoare de radiaţii nucleare. În capitolul 7 sînt abordate măsurările în instalaţiile electroenergetice (curent, tensiune etc.) şi cele necesare încercărilor de exploatare a echipamentelor electroenergetice şi a LEA de înaltă tensiune etc. Capitolul 8 al lucrării este rezervat măsurărilor în centralele termoelectrice : măsurări ale mărimilor termice (temperaturi), mecanice (presiuni, debite, niveluri), chimice (analizoare pentru gaze arse, calitatea apei şi aburului — salinometre, oxigenul dizolvat în apă, măsurarea pH) şi, în final, organizarea punctelor de control. În capitolul 9 sînt tratate măsurările în instalaţiile hidroenergetice : măsurări în construcţii de beton, în baraje, în conducte şi ecluze, aparate şi dispozitive de măsurare (sisteme pendulare, dispozitive de măsurare a înclinărilor şi deplasărilor relative, dispozitive de măsurare indirectă pe cale electrică), măsurarea debitelor şi nivelurilor. În sfîrşit, în capitolul 10 sînt prezentate cîteva aspecte ale telemăsurărilor. Cele 5 anexe de la sfîrşitul cărţii prezintă unităţile fundamentale ale Sistemului Internaţional (SI), unităţile suplimentare (SI) (unghi plan şi unghi solid), unităţi derivate SI, unităţi de măsură SI admise a fi utilizate nelimitat şi, în final, schema logică de transmitere a unităţii.

Trecerea în revistă a conţinutului cărţii permite să se constate volumul mare al problematicii abordate într-un spirit de sinteză, corelaţie şi grijă pentru o prezentare unitară. Cartea abordează şi o serie de aspecte practice cu care se confruntă astăzi energetica. Deosebit de reuşită este prezentarea problematicii măsurărilor în instalaţiile electroenergetice care deţine şi ponderea cea mai mare din volumul cărţii (119 p). Cu toate acestea, n-ar fi fost lipsită de interes introducerea unor subcapitole referitoare la măsurările în regim nesimetric a instalaţiilor trifazate şi respectiv în regim deformant, care proliferează în electroenergetică ca urmare a dezvoltării electronicii de putere. Mai puţin dezvoltate sînt referirile la măsurările în centrale termo şi hidroelectrice şi în mod deosebit referirile la aparatele înregistratoare pe partea termică şi hidraulică. Lipsesc referirile fie şi sumare, la măsurările din energetica nucleară, iar capitolul de telemăsurări (folosind inclusiv calculatoarele de proces) este mult prea succint.

Desigur, ţinînd seama de profilul larg al domeniilor abordate, trebuie să fie apreciat faptul că sarcina atît de dificilă pe care şi-au asumat-o autorii, fiecare capitol constituind o monografie, a fost realizată cu succes.

Lucrarea are şi merite didactice şi ştiinţifice, cu atît mai mult cu cît, în conţinutul ei, de un nivel teoretic ridicat, sînt redate şi metodele practice utilizate de principalii producători de aparatură de măsură (IAEM Timişoara şi FEA Bucureşti) din ţara noastră.

La o nouă ediţie a lucrării vor fi necesare unele completări, cu accentul pe metodele moderne de măsurare, precum şi o mai bună echilibrare a capitolelor în structura volumului. Cartea constituie însă, aşa cum este prezentată, unul din manualele de bază ale specialiştilor din energetică, cărora li se adresează.

Ing. Romulus Sfichi
IEIRIEDEET — Suceava

Planul tematic al revistei Energetica pe anii 1985—1986

Pentru a răspunde cît mai bine problemelor energeticii românești, colegiul de redacție a aprobat în ședința sa din 19 martie 1985 planul tematic al revistei „Energetica" pe anii 1985—1986, pe care-l publicăm mai jos.

Colaboratorii noștri sînt rugați să trateze subiecte care se încadrează în acest plan tematic, în scopul orientării problematicii revistei, în mod unitar.

Bineînțeles, prin aceasta nu se exclud și alte subiecte, care nu sînt menționate în planul tematic, dar fac parte din sfera tematică a revistei și tratează subiecte de interes deosebit.

I. Energetică generală, orientări în energetică

1. Energetică mondială. Concepții, tendințe, informații semnificative.
2. Fundamentarea priorităților tehnologice în energetica României.
3. Probleme actuale ale implicațiilor energoeconomice ale planificării și conducerii în industria energiei electrice și termice pentru realizarea obiectivelor stabilite pentru perioada 1986—1990.
4. Opțiuni și probleme ale analizei și prognozei dezvoltării energetice a României în perioada pînă în anul 2000 și în continuare.
5. Perfecționări ale criteriilor de eficiență și ale indicatorilor tehnico-economici în energetică.

II. Sisteme electroenergetice

1. Aspecte economice și de fiabilitate ale sistemelor electroenergetice în cazul depășirii limitelor nominale ale parametrilor de calitate ai energiei electrice (frecvență, tensiune, armonici etc.).
2. Aprecierea stărilor critice ale unui sistem energetic prin metode directe, operative.
3. Regimurile SEN după interconectarea la tensiunea de 750 kV.
4. Sistemul informațional al DEN în perspectiva următorilor ani.
5. Influența modului de reprezentare a sistemelor energetice vecine în cercetarea regimurilor tranzitorii ale SEN.
6. Aspecte ale problematicii sistemului electroenergetic românesc. Situația actuală și de perspectivă.
7. Probleme de optimizare a localizării acumulării de purtători de energie în sistemele electroenergetice; considerații teoretice și practice; învățămintele rezultate din iarna 1984—1985.
8. Dezvoltarea SEN. Metode, soluții, rezultate.

III. Centrale electrice

a. Centrale termoelectrice (CTE, CET, CT)

1. Îmbunătățirea preparării prafului de cărbune, în scopul măririi capacității morilor, realizării fineții de măcinare corespunzătoare și creșterii disponibilității instalațiilor.
2. Reducerea pierderilor de căldură la cazanele alimentate cu combustibili solizi.
3. Îmbunătățirea stabilității arderii prafului de cărbune.
4. Reducerea consumului de hidrocarburi:
   — arzătoare de praf de cărbune pentru pornirea cazanelor și stabilizarea arderii;
   — trecerea cazanelor de pe hidrocarburi pe cărbune;
   — înlocuirea hidrocarburilor cu amestecuri cărbune-păcură etc.
5. Fiabilitatea echipamentelor centralelor termoelectrice și analiza critică a funcționării acestora.
6. Experiența funcționării centralelor în iarna 1984—1985.
7. Depoluarea gazelor de ardere de la termocentrale.
8. Utilizarea schimbătoarelor de ioni indigeni în instalațiile de tratare a apei din CTE ale MEE.
9. Tehnologii de conservare a echipamentelor energetice pe perioada opririlor.
10. Metode de calcul în proiectarea și exploatarea centralelor electrice.

b. Centrale hidroelectrice

1. Perfecționarea echipamentului hidroenergetic. Creșterea siguranței: extinderea automatizărilor.
2. Creșterea gradului de valorificare a potențialului hidroenergetic.
3. Optimizarea soluțiilor constructive și tehnologice pentru reducerea cantității de energie înglobată în construcții.

c. Centrale nucleare-electrice

1. Aspecte ale realizării CNE.
2. Participarea CNE la producerea de energie electrică în SEN.
3. Ciclul de combustibil:
   — ciclul de combustibil nuclear;
   — gestiunea deșeurilor radioactive.
4. Actualități din realizarea de CNE în lume.

IV. Transportul și distribuția căldurii la consumatori

1. Modelarea regimurilor termice și hidraulice în funcționarea sistemelor centralizate de alimentare cu căldură.
2. Alimentarea cu căldură a consumatorilor urbani și industriali din centrale termice sau centrale electrice de termoficare nucleare.
3. Reducerea pierderilor de presiune în sistemele centralizate de alimentare cu căldură prin utilizarea aditivilor polimerici.
4. Integrarea surselor neconvenționale și recuperabile în ansamblul soluțiilor de alimentare cu căldură.
5. Transportul la mare distanță a căldurii.
6. Repararea capitală a rețelelor de termoficare; concepție și tehnologii.
7. Realizarea siguranței și eficienței în funcționarea sistemelor de termoficare prin conceperea instalațiilor de automatizare, reglare și supraveghere.
8. Probleme actuale și de perspectivă ale dezvoltării sistemelor de alimentare centralizată cu căldură în România și în alte țări.

V. Rețele și stații electrice

1. Dezvoltarea în viitor a rețelelor electrice de transport și de distribuție în R.S. România și în alte țări.
2. Instalațiile rețelelor electrice de transport la 750 kV.
3. Securitatea instalațiilor electrice de transport în condiții naturale extreme (cutremure, vînturi puternice, depuneri mari de zăpadă, inundații).
4. Progrese în construcția materialelor și echipamentelor electrice de înaltă tensiune și perfecționările determinate în soluțiile tehnologice și constructive ale liniilor și stațiilor electrice.
5. Posibilități și soluții de reducere a consumurilor proprii tehnologice de energie electrică pe liniile electrice aeriene.
6. Calculul influenței cîmpului electromagnetic al liniilor electrice aeriene de înaltă tensiune asupra altor linii electrice aeriene și asupra conductelor metalice.
7. Utilizarea tehnicilor moderne la conducerea exploatării stațiilor electrice.

VI. Surse noi și reînnoibile și tehnologii noi în energetică

1. Analiza privind potențialul teoretic și cotele tehnice și economice valorificabile în diferite etape de dezvoltare tehnologică.
2. Metodologii specifice pentru stabilirea eficienței energetice și economice a valorificării SNR.
3. Tehnologii și echipamente pentru captarea, conversia și utilizarea SNR de toate formele.

4. Tehnologii și echipamente pentru creșterea eficienței valorificării SNR în România și în alte țări.

VII. Energetica în unități industriale și alte unități economice ; economia de energie de toate formele ; recuperări de energie

1. Optimizarea pe bază de bilanț a consumurilor de energie electrică, termică și de combustibil la consumatorii industriali. Consumuri specifice, metode de normare și căi de reducere.
2. Valorificarea resurselor energetice refolosibile, cercetări, soluții, experiență de exploatare, considerații asupra eficienței energetice și tehnico-economice.
3. Îmbunătățirea gospodăririi și conservării energiei prin :
   — optimizarea parametrilor agenților purtători de energie ;
   — extinderea automatizării, reglajului, măsurării ;
   — metode de depistare a neetanșeităților și a pierderilor de fluide cu ajutorul tehnicilor moderne etc.
4. Calitatea energiei livrate, influența abaterilor de la parametrii nominali asupra funcționării receptoarelor la consumatori, asupra calității produselor realizate, asupra instalațiilor de conducere, reglaj, automatizare.
5. Determinarea indicatorilor de siguranță, pe ramuri industriale.
6. Tehnologii de tratare a apei în centrale termice industriale.

VIII. Impactul cu mediul înconjurător, poluare

1. Studiul dispersiei atmosferice de poluanți prin simulare în canal hidraulic.
2. Energia nucleară și mediul înconjurător.
3. Influența arderii combustibililor inferiori asupra poluării atmosferice și măsurile pentru reducerea acestei influențe.

IX. Omul și energia (organizarea ; pregătirea ; productivitatea muncii ; protecția muncii etc.)

1. Organizarea producției și a muncii în diferite domenii de activitate din sectorul energetic.
2. Pregătirea și perfecționarea lucrătorilor prin utilizarea metodelor participative, folosirea simulatoarelor de proces etc.
3. Creșterea productivității muncii : căi, metode,rezultate în diferitele activități ale sectorului energetic.
4. Probleme de protecția muncii.

X. Istoria electrificării și energeticii românești

Probleme legate de centenarul energeticii românești. Probleme legate de împlinirea a 25 de ani de la înființarea Institutului de Cercetări al MEE.

XI. Informații din energetica românească și de peste hotare

1. *Noutăți din țară (scurte informații)* :
   - Puneri în funcțiune ale instalațiilor
   - Aspecte din execuția lucrărilor
   - Noi soluții de proiectare
   - Aspecte din exploatare
   - Recenzii
   - Din viața energeticienilor
   - Sesiuni și reuniuni tehnice și științifice
   - Jubileuri ale unităților
   - Semnalări de lucrări de doctorat mai deosebite

2. *Noutăți de peste hotare (scurte informații)*

3. *Invenții*

СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОРГЕ БУЧЯ, МАРИЛЕНА МЭЙЕРЯНУ: **Опыт эксплуатации, ухода и ремонта кабелей 110 кв** 241—251

ТРАЯН-Г. ИОНЕСКУ, МАРИНА НЯГОЕ: **Оценка электрических расчётных нагрузок в распределительных сетях** *(с изложением на английском языке)* 252—261

ОВИДИЮ ЦУЦУЯНУ: **Вопросы по использованию тепла низкого потенциала для отопления теплиц и солярие**в *(с изложением на английском языке)* 262—268

ИЗ ИСТОРИИ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ

КОНСТАНТИН ОСТАП, МИХАЙ КАБА: **Историк энергетики в городе Яссы** 269—271

ЭУДЖЕНЮ ПАВЕЛ, КОСТИН РУКЭРЯНУ: **Из истории изданий в области энергетики. Журнал „Энергия"** 272—274

ИЗОБРЕТЕНИЯ-НОВАТОРСТВА 276—277

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ 251

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ НОВОСТИ 268, 278

РЕЦЕНЗИИ 278—283

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ЖУРНАЛА «ЕНЕРГЕТИКА» НА 1985—1986 Г 284—285

INHALTSVERZEICHNIS

GHEORGHE BUCEA, MARILENA MĂIEREANU: **Erfahrung mit dem Betrieb, der Instandhaltung und Reparatur der 110-kV Kabelleitungen** 241—251

TRAIAN-G. IONESCU, MARINA NEAGOE: **Die Abschätzung der elektrischen Berechungsladungen in den elektrischen Verteilungsnetzen** (mit einer Kurzfassung in Englisch) 252—261

OVIDIU ŢUŢUIANU: **Aspekte der Verwertung der tiefgrädigen Wärme zur Heizung der Gewächshäuser und Solarien** (mit einer Kurzfassung in Englisch) 262—268

AUS DER GESCHICHTE DER ELEKTRIFIZIERUNG

CONSTANTIN OSTAP, MIHAI CABA: **Aus der Geschichte der Energiewirtschaft der Stadt Iassy** 269—271

EUGENIU PAVEL, COSTIN RUCĂREANU: **Aus der Geschichte der Publikationen auf dem Gebiet der Energiewirtschaft. Die Zeitschrift „Energia"** 272—274

ERFINDUNBEN-ERNEUERUNBEN 276—277

TECHNISCH-WISSENSCHAFTLICHE VERANSTALTUNGEN 251

TECHNISCH-WISSENSCHAFTLICHE NEUIGKEITEN 268, 278

REZENSIONEN 278—283

THEMENPLAN DER ZEITSCHRIFT ENERGTICA FÜR 1985—1986 284—285

SOMMAIRE

GHEORGHE BUCEA, MARILENA MĂIEREANU: **L'expérience acquise pendant l'exploitation, la maintenance et la réparation des câbles d'énergie de 110 kV** 241—251

TRAIAN-G. IONESCU, MARINA NEAGOE: **L'estimation des charges électriques de calcul dans les réseaux électriques de distribution** (*resume en anglais*) 252—261

OVIDIU ŢUŢUIANU: **Aspects concernant l'utilisation de la chaleur à bas potentiel pour le chauffage des serres et des solaires** (*résume en anglais*) 262—268

DE L'HISTOIRE DE L'ELECTRIFICATION

CONSTANTIN OSTAP, MIHAI CABA: **Quelques aspects de l'énergétique de Iassy** 269—271

EUGENIU PAVEL, COSTIN RUCĂREANU: **De l'hystoire des publications spécifiques pour le domaine énergétique. La révue Energia** 272—274

INVENTIONS—INNOVATION 276—277

MANIFESTATIONS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES 251

NOUVEAUTES TECHNICO-SCIENTIFIQUES 268, 278

COMPTES-RENDUS 278—283

LE PLAN THÉMATIQUE DE LA REVUE ENERGETICA EN 1985—1986 284—285

SUMMARIES

DC: 621.315.2.027.3.

GHEORGHE BUCEA, MARILENA MĂIEREANU: Operation Experience, Maintenance and Servicing of 110 kV Cables

The paper presents in short the evolution of high voltage cables insulated with paper impregnated in liquid oil under pressure as well as the development of the electric distribution network using this cables type in our country.

The underriver 110 kV cable installation crossing the Danube in the Giurgeni-Vadul Oii and Măcin-Galaţi areas are shown in detail, and the aspects of their operation behaviour faults occured and remedies applied are outlined. The paper surveys mainly the operations and methods to restore the cable sections recovered from the Danube to their electric and hydraulic parameters, the solutions regarding different dimensions' cables junctions and the final tests and checkings for their setting in operation.

The mentioned works are a novelty for our country and they surpass the expectations of the constructors and suppliers of such installations.

[*Energetica 33 (1985), nr. 6, p.* 241—251]

DC: 621.316.1.

TRAIAN-G. IONESCU, MARINA NEAGOE: The Evaluation of Electric Computation Loads in Electric Distribution Networks (*with a short presentation in English*)

The paper presents the statistical values obtained by a large number of measurements carried out in the electric distribution networks, the main indicators which characterize the load graphs of household and social-cultural consumers from the urban and rural area.

The measurement campaign has begun in 1981 and has lasted up to the end of 1984.

At the urban household consumers the measurements have been carried out at about 3500 subscribers living in blocks of flats with ground floor +4, ..., + 10 floors, with district heating and kitchens with natural gases or electrical ones.

At the household users from rural and agricultural-industrial areas the load measurements have been carried out for about 400 subscriers. There have been chosen the users with individual households from the rural area as well as users living in blocks of flats consisting of ground floor + 4 floors from agricultural industrial settlements.

With the household users there have been carried out measurements and investigations whose results have been noted in standardized enquiries in order to state the mean installed powers for different users' categories and in order to determine the equipping state with electricity consuming devices of household subscribers.

During the measurements campaign there have been carried out registrations of load characteristics with a number of social cultural users as well, i.e.: shopping centers, shops, schools, cinema halls, theaters, etc.

For this consumers' categories there have been registered: the electric energy used during a time interval, the maximuc power absorbed (active and reactive) as well as the specific elements that characterize these consumers, such as: the surface covered, in m^2, the number of seats in cinema halls, theaters, the number of students in the schools, etc.

In order to set up the simultaneity coefficients measurements on consumers' groups have been carried out, starting from 20 up to 160 consumers. As a result, of the interpretation of the measurements carried out, a mathematical formula for the simultaneity coefficient k_s has been set up, which reproduces quite close the real curve.

[*Energetica 33 (1985), nr. 6, p. 252–261*]

DC : 66.012.004.1.

OVIDIU ȚUȚUIANU : Aspects Regarding the Low Grade Heat Use for Greenhouses and Hothouses Heating (*with a short presentation in English*)

The paper presents some solutions for the heating of greenhouses and hothouses using the cooling water waste heat discharged from thermal power plants or other industrial enterprises.

The construction aspects and technical and economic indeces are presented, compared to "classical" solutions, for new heating systems tested in Romania and in other countries of the type: with a water cover on the greenhouse roof, with water-air heat exchangers and water "mattresses".

The conclusions drawn show the necessity to pass from the "classical" solutions to other systems of heating greenhouses and hothouses based on the use of new sources and recoverable energy sources stressing their positive aspects under the technical-economic and ecological aspect.

[*Energetica 33 (1985), nr. 6, p. 262–268*]

FROM THE HISTORY OF ELECTRIFICATION

CONSTANTIN OSTAP, MIHAI CABA : **From the Energy History of Iași** 269–271

EUGENIU PAVEL, COSTIN RUCĂREANU : **From the History of Energy Publications. The Review "Energia"** 272–274

INVENTIONS – INNOVATION 276–277

TECHNICAL AND SCIENTIFIC SYMPOSIA 251

TECHNICAL AND SCIENTIFIC NEWS 268, 278

REVIEWS 278–283

SUBJECT-MATTERS PLAN FOR THE REVIEW ENERGETICA FOR 1985–1986 284–285

COLEGIUL DE REDACȚIE

Președinte, redactor responsabil: **dr. ing. Călin Mihăileanu**
Redactori responsabili adjuncți: **dr. ing. Nicolae Armeneoiu, dr. ing. Gheorghe Bălan**
Secretar de redacție: **dr. ing. Eugeniu Pavel**
Gestiune financiară: **ec. Gheorghe Ursache**
Orientări în energetică: **dr. ing. Mario Duma**
Energetica în unități economice: **ing. Ion Mălereanu**
Dezvoltarea sistemelor energetice: **dr. ing. George Manolescu**
Conducerea și automatica SE: **dr. ing. Victor Romert, dr. ing. Jean Constantinescu**
Centrale termoelectrice: **conf. dr. ing. Costin Moțoiu, ing. Romeo Zbarcea, dr. ing. Teodor Popa, ing. Horia Furtunescu**
Centrale hidroelectrice: **dr. ing. Gheorghe Lucaș**
Centrale nucleare electrice: **ing. Adrian Georgescu**
Rețele electrice: **ing. Dinu Voinea, ing. Nicolae Georgian**
Alimentare cu căldură: **ing. Nicolae Niculescu**
Surse și tehnologii noi: **dr. ing. Alexandru Floreșcu**
Tehnologii chimice în energetică. Poluare: **dr. chim. Maria Maftei**
Organizarea muncii: **ing. Miron Popescu, ing. Dan Iosifescu**
Istoria energeticii: **ing. Paul Cartianu**
Buletin informativ: **ing. Mihai Nistor, ing. Romulus Sfichi**
Centre universitare și industriale:
București: **conf. dr. ing. Alexandru Selischi**
Iași: **prof. dr. ing. Alexandru Poeată**
Timișoara: **prof. dr. ing. Viorel Negru**
Cluj: **conf. dr. ing. Silviu Darie**

Revista ENERGETICA este editată și administrată de Institutul de Cercetări și Modernizări Energetice prin Oficiul de Informare Documentară pentru Energetică. **Vasile Pleșca** — șef OIDE, **Ana Maria Chivu** — redactor

Revista ENERGETICA este publicație lunară devotată preocupărilor spirituale și realizărilor materiale în domeniul energeticii.

În revista ENERGETICA se publică:

Articole

Informații referitoare la: publicații recente (cărți, reviste), noutăți științifice și tehnice, invenții și inovații, experiență de exploatare, realizări remarcabile, manifestări tehnico-științifice naționale și internaționale (congrese, conferințe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse: cronici, recenzii, discuții la articole publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuțiilor în jurul meselor rotunde.

Instituțiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01. — BN R.S.R. Fil. Sector 3. Costul unui abonament: 144 lei anual; costul unui exemplar: 12 lei.

41 401

ANNOUNCEMENTS FOR READERS ABROAD

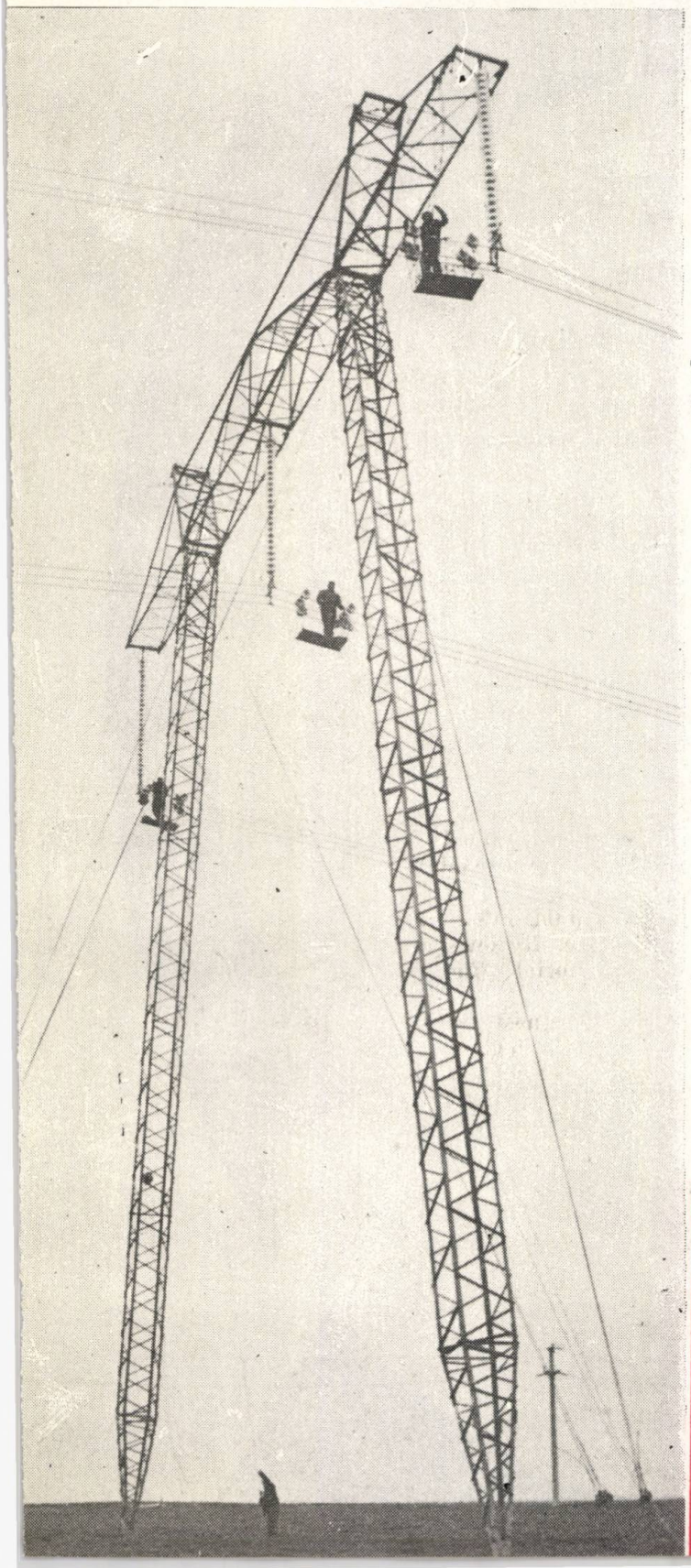
- **The review "Energetica" can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages**
- **The review "Energetica" proposes a publication exchange with similar reviews and in relating fields**
- **The review "Energetica" provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well**
- **The review "Energetica" publishes on request from authors abroad reports of energy or other materials: technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia, etc. written in one of the worldwide spoken languages**
- **Readers from abroad can subscribe through: ROMPRESFILATELIA — sectorul import-export PO. Box 12—201, telex 10376 prsfir, Calea Griviței nr. 64—66.**

Redacția și administrația: București 79619, Bd. Energeticienilor nr. 8, sect. 3
Telefon: 20.67.30, 21.46.30.

Tiparul: Întreprinderea Poligrafică „Informația", București, str. Brezoianu 23—25, c. 1263

T.A.G.-ELECTROMONTAJ

TRUSTUL ANTREPRIZA GENERALA "ELECTROMONTAJ"
Bucureşti, sect. 2, calea Moşilor nr. 158, telefon 16.63.30.



★ ★ ★

T. A. G. ELECTROMONTAJ execută prin unităţile sale de construcţii :

- linii electrice de foarte înaltă tensiune 220-750 kV ;
- linii electrice de înaltă şi medie tensiune 6-110 kV ;
- lucrări de joasă tensiune : iluminat de stadioane, de autostrăzi, de aeroporturi etc. ;
- linii electrice în cabluri subterane şi subfluviale de 1-110 kV ;
- staţii electrice de transformare şi conexiuni 1-750 kV ;
- posturi de transformare şi puncte de alimentare de orice tensiune şi putere.

★ ★ ★ ★

La executarea instalaţiilor electrice T. A. G. "Electromontaj" foloseşte procedee tehnologice moderne de mare productivitate, care conduc la durate scurte de execuţie şi la un înalt nivel calitativ al lucrărilor.

ENERGOREPARAŢII

B-dul Mărăşeşti nr. 2, sectorul 5, Bucureşti.
Telefon: 23.26.40. Telex: 011635. - Cod poştal 774170.

1986 JAN 30

FABRICA PIESE DE SCHIMB PENTRU INSTALATII ENERGETICE :

- Turbine cu abur şi turbine hidraulice ;
- Cazane de abur ;
- Ventilatoare de aer şi de gaze ;
- Instalaţii pentru pregătirea şi transportul combustibilului.

EXECUTA LUCRARI DE REPARATII, PRESTEAZA SERVICII, ACORDA ASISTENTA TEHNICA :

- Reparaţii la turbine de mare putere, generatoare şi motoare electrice, cuple hidraulice, vane de abur, măsurarea vibraţiilor, echilibrări de arbori, analize metalografice şi chimice.

PRODUCE MASINI SI DISPOZITIVE DE MECANIZARE, DIVERSE SUBANSAMBLURI SI AGREGATE :

- Macarale MTI-1000, platforme hidraulice, cuple hidraulice, pompe de evacuare a zgurii şi cenuşii.

E 2039
Energia

MW 7

R 1985 OKT 11

100 de ani de energetică românească

Cuprinsul

LUCIA ROŞCA, MARIO DUMA: **Energetica şi dezvoltarea economico-socială a României** 289

DUMITRU DOBRINESCU, VASILE SOMOGHI, CORNEL PĂTRAŞCU: **O metodă foarte economică de recuperare a căldurii reziduale în instalaţiile tehnologice din rafinării** (*cu prezentare în limba engleză*) 292

LIVIU CANCIU, NICOLAE OPRIŞIU, CONSTANTIN ZAMFIRA, MIHAI PLOSCARU: **Simularea pe calculator numerică a pornirii unei acţionări cu motor asincron trifazat şi cuplaj centrifugal** 298

CONSTANTIN HAIDUC, MIOARA MIREA: **Cercetări privind recuperarea resurselor energetice refolosibile la Intreprinderea de Utilaj Chimic „Griviţa Roşie" — Bucureşti şi Intreprinderea de Garnituri de Frînă şi Etanşare-Rîmnicu Sărat** (*cu prezentare în limba engleză*) 302

GHEORGHE GEORGESCU, DAN MIHĂILESCU, ION RENŢEA: **Determinarea experimentală a elementelor necesare stabilirii tranşelor de DASÎ la consumator în cazul trecerii în regim insular al platformelor energetice** 308

DUMITRU TATU, XENOFON TRANDAFIR: **Studiul betoanelor hidrotehnice pentru amenajările hidroenergetice realizate pe riul Olt** 313

GHEORGHE CONSTANTIN HOBEANU: **Variaţia randamentului instalaţiei de turbină recuperatoare la modificarea temperaturii de intrare** 321

VALENTINA BĂLAN: **Calitatea şisturilor bituminoase utilizate pentru alimentarea CTE Anina şi tehnologii de preparare în vederea creşterii conţinutului caloric** (*cu prezentare în limba engleză*) 327

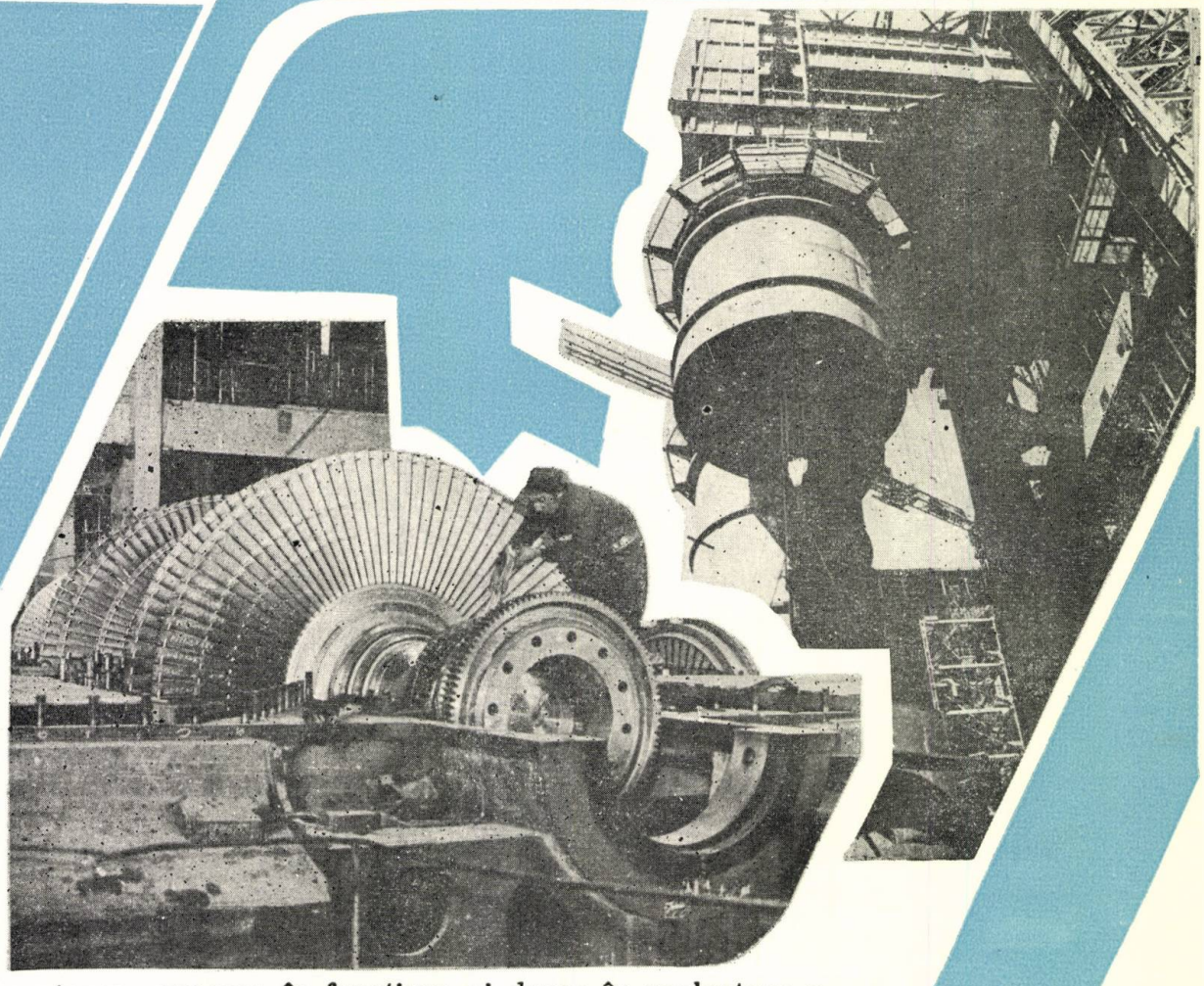
ISTORICUL ENERGETICII

PAUL CARTIANU: **100 de ani de la elaborarea primului proiect de folosire complexă a Dîmboviţei** 332

VOLUMUL XXXIII
BUCUREŞTI
IULIE 1985

energetica

T.A.G. ENERGOMONTAJ



Execută montarea, punerea în funcţiune şi darea în exploatare a echipamentelor şi instalaţiilor energetice pentru centrale termoelectrice şi hidroelectrice

Echipamente şi instalaţii pentru centrale termoelectrice şi centrale electrice de termoficare
- cazane de abur de mare capacitate şi parametri înalţi de funcţionare
- turbine cu abur de puteri unitare pînă la 345 MW
- instalaţii de combustibil pentru cărbuni, păcură, gaze
- alte instalaţii termomecanice şi mecanice aferente centralelor termoelectrice.

Echipamente şi instalaţii pentru centrale hidroelectrice şi instalaţii hidrotehnice :
- turbine hidraulice de orice tip, pînă la puteri unitare de 176 MW, conducte forţate
- echipamente şi alte instalaţii pentru centrale hidro şi termoelectrice
- echipamente şi instalaţii pentru ecluze.

Echipamente şi instalaţii electrice pentru centrale termoelectrice şi hidroelectrice, staţii electrice şi instalaţii speciale :
- instalaţii de comutaţie primară pînă la tensiunea de 400 kV inclusiv
- instalaţii de servicii interne în centrale şi staţii electrice
- instalaţii de comutaţie secundară şi de automatizare.

Bucureşti Calea Dorobanţi nr. 105, telefon 79.70.20, telex 11355

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

ANUL 33 Nr. 7 1985

20 de ani de la Congresul al IX-lea al Partidului Comunist Român

Energetica şi dezvoltarea economico-socială a României

Dezvoltarea energeticii a constituit o componentă centrală a procesului de industrializare socialistă a României, a întregii dezvoltări economice şi sociale înfăptuite de poporul român, condus de partid. Energetica a avut rolul de a asigura suportul creşterii puternice a producţiei industriale, al dezvoltării transporturilor şi comunicaţiilor, al modernizării tehnice şi intensificării agriculturii, al realizării programului de investiţii şi construcţii, al bazei materiale a creaţiei şi răspîndirii ştiinţei şi culturii. Toate acestea — în condiţiile creşterii productivităţii muncii şi a eficienţei economice printr-un tot mai înalt nivel al înzestrării energetice a muncii — asociate cu mecanizarea, automatizarea şi chimizarea proceselor, urmărind, în acelaşi timp, ridicarea necontenită a nivelului de trai material şi spiritual al membrilor societăţii.

Pe de altă parte, dezvoltarea energetică a ţării a fost materializată cu suportul întregii economii şi societăţi, care au pus la dispoziţie utilaje, tehnologii, materiale, construcţii, transporturi, precum şi forţa de muncă necesară energeticii, contribuţia de concepţie la crearea obiectivelor energetice şi la desfăşurarea proceselor energetice — fără a omite considerabilul efort financiar făcut de întreaga economie pentru dezvoltarea energeticii. Iar asigurarea resurselor energetice necesare dezvoltării economico-sociale a fost corelată cu o politică de valorificare eficientă a acestora, de utilizare judicioasă, raţională a energiei în procesele consumatoare.

În raportul prezentat la Congresul al IX-lea al Partidului Comunist Român găsim aceste cuvinte, de o atît de profundă actualitate : „Una dintre condiţiile imperios necesare pentru dezvoltarea economiei naţionale — proces continuu, privit într-o perspectivă largă — o constituie *creşterea susţinută a resurselor energetice* ... În extinderea bazei energetice, urmărim în primul rînd o judicioasă proporţionare a producţiei şi utilizării resurselor de energie primară, în vederea asigurării pe o perioadă cît mai îndelungată a materiilor prime — gaz metan şi ţiţei — necesare în industria chimică şi în anumite procese tehnologice... În strînsă legătură cu utilizarea complexă şi eficientă a resurselor de energie primară, punem un accent deosebit pe creşterea producţiei de cărbune — şi mai ales pe extracţia lignitului” [1]) şi pe „dezvoltarea amenajărilor hidroenergetice” [2]). Iar în Directivele adoptate de Congresul al IX-lea „cu privire la valorificarea surselor energetice şi electrificarea ţării în perioada 1966—1975” erau punctate cu claritate : „Creşterea producţiei de energie primară, ţinînd seama de situaţia rezervelor geologice, pentru a se asigura în cît mai mare măsură din resurse interne nevoile de energie cerute de dezvoltarea în continuare a economiei naţionale...”, „Începerea utilizării energiei nucleare pentru producerea de energie electrică şi termică...”, „Continuarea şi intensificarea acţiunii generale de economisire şi raţionalizare a tuturor consumurilor de combustibili, energie electrică şi termică prin creşterea randamentelor, valorificarea resurselor secundare energetice şi scăderea consumurilor specifice...” [3])

Fără a abuza de cifre, se cuvine să exemplificăm că, în perioada 1965—1984, au crescut : producţia totală de energie de 1,93 ori, cea de energie electrică de 4,16 ori. Unei

---

[1]) Nicolae Ceauşescu. Raportul C.C. al P.C.R. cu privire la activitatea partidului în perioada dintre Congresul al VIII-lea şi Congresul al IX-lea al P.C.R. Congresul al IX-lea al P.C.R., Ed. Politică, Bucureşti, 1965, p. 173.

[2]) Ibid., p. 39.

[3]) Directivele Congresului al IX-lea al P.C.R. cu privire la valorificarea surselor energetice şi electrificarea ţării în perioada 1966—1975. Congresul al IX-lea al P.C.R., Ed. Politică, Bucureşti, 1965, p. 791—792.

creşteri a venitului naţional de 4,1 ori (în preţuri constante) i-a corespuns o creştere a consumului total de energie de numai 2,7 ori, ceea ce marchează în mod cu totul pozitiv creşterea eficienţei economice a valorificării energiei în economia naţională. Acelaşi lucru trebuie afirmat şi în legătură cu utilizarea energiei electrice : uşoara devansare a creşterii consumului intern de energie electrică (de 4,42 ori) faţă de creşterea, menţionată, a venitului naţional a fost asociată cu preluarea de către energia electrică a alimentării unor ponderi importante din sfere de utilizare ce reveneau anterior, practic, integral altor vectori energetici şi promovarea tehnologiilor electrice într-o serie de procese energointensive, precum şi cu dezvoltarea largă a mecanizării, extinderea irigaţiilor ş.a.m.d.

Transpunîndu-se în mod perseverent în viaţă politica energetică jalonată la Congresul al IX-lea, în producerea energiei electrice ponderea hidrocarburilor a scăzut de la 75,1% în 1965 la 51,7% în 1984, în timp ce ponderea cărbunelui a crescut de la 18,5% la 30% şi a energiei hidroelectrice de la 5,8% la 15,8% — deşi, după cum se ştie, în domeniul acestor modificări de structură energetică obiectivele stabilite nu au fost atinse în întregime.

Pentru investiţiile necesare dezvoltării energetice (în industria combustibilului şi în cea a energiei electrice şi termice) economia naţională a alocat un procent important din totalul investiţiilor : 15,5% în perioada 1966—1970, mergînd pînă la 17,1% în perioada 1981—1983, din care 19,2% în anul 1983.

Această dezvoltare a energeticii a fost realizată în condiţiile defavorabile, cunoscute, ale conjuncturii energetice şi economice internaţionale, dar făcînd faţă totodată unor evoluţii intrinseci defavorabile ale unor condiţii naturale interne. Numai pentru exemplificare, se pot aminti investiţiile specifice mult superioare (de circa 2,2 ori) şi cheltuielile de exploatare mult mai mari pentru a produce energie electrică pe bază de cărbune faţă de cazul producerii pe bază de hidrocarburi, sau implicaţiile tehnologice şi economice ale arderii unui combustibil solid cu putere calorifică mult mai mică decît anterior, ale creşterii adîncimii de foraj şi extracţie a ţiţeiului ş.a.m.d.

Obţinerea rezultatelor economice de ansamblu amintite în aceste condiţii mai dificile a fost posibilă numai pe seama unui progres tehnic susţinut şi diversificat. Recurgînd tot numai la exemplificări, vom aminti mecanizarea lucrărilor de extracţie a cărbunelui în subteran, inclusiv sistemele mecanizate de susţinere ce permit o valorificare mai deplină a zăcămintelor, realizarea carierelor de extracţie la zi a lignitului cu excavatoare de mare capacitate, dezvoltarea tehnologiilor de stimulare la extracţia ţiţeiului ; realizarea unor mari centrale termoelectrice şi de termoficare cu blocuri de mare putere, pînă la 330 MW (în condensaţie), cu parametri ridicaţi ai aburului, de înaltă complexitate tehnologică şi cu grad ridicat de automatizare ; realizarea unor ample centrale hidroelectrice — cu recordurile de putere unitară pe agregat şi de dimensiuni ale construcţiilor de la Porţile de Fier I şi Lotru-Ciunget, edificarea unor cascade de hidrocentrale, sistemul teleinformatic cu calculatoare de proces interconectate de la Dispecerul Energetic Naţional ; începerea valorificării pe scară largă a unor noi surse de energie — în special energia solară în aplicaţii termice şi altele. Creşterea gradului de electrificare a energeticii, extinderea, amintită, a utilizării energiei electrice într-o serie de procese de consum a fost însoţită de un efort raţional de reducere a consumurilor specifice de energie electrică, de utilizare cu economie a acesteia, prin progresul tehnic al proceselor şi utilajelor consumatoare, prin raţionalizarea şi normarea severă a consumurilor.

Deosebit de important este faptul că aceste realizări au fost obţinute cu un aport progresiv crescut al industriei româneşti constructoare de maşini, al puternicei baze de utilaj minier, petrolier, energetic, electrotehnic, electronic, create în aceşti ani.

Veghind cu clarviziune la dezvoltarea în continuare a economiei noastre naţionale şi a suportului său energetic, tovarăşul Nicolae Ceauşescu, în baza unei profunde analize a fenomenelor şi tendinţelor formate şi a celor viitoare, a iniţiat deschiderea unor noi căi, a unor noi perspective. Strategia accentuării caracterului calitativ şi intensiv al economiei, obiectivele ridicării în continuare a României pe stadii superioare de dezvoltare, includ în mod intrinsec programul energetic. Semnalînd crearea unei „disproporţii între industria prelucrătoare şi baza energetică, de materii prime” [4]), trebuind „să acţionăm cu toată hotărîrea pentru înlăturarea rapidă a acestei disproporţii şi realizarea unui echilibru, a unei dezvoltări armonioase, proporţionale, a tuturor sectoarelor de activitate” [5]), partidul nostru a stabilit măsuri şi orientări înnoitoare prin „Programul-directivă de cercetare şi dezvoltare în domeniul energiei...”,

---

[4]) Nicolae Ceauşescu. Raportul cu privire la stadiul actual al edificării socialismului, la realizarea planului naţional unic de dezvoltare economico-socială, la programele speciale şi la măsurile pentru îndeplinirea cu succes a cincinalului, a hotărîrilor Congresului al XII-lea al partidului, prezentat la Conferinţa Naţională a P.C.R., 16 decembrie 1982.

[5]) Ibid.

adoptat de Congresul al XII-lea, prin programele stabilite la Conferința Națională din 1982, prin Directivele Congresului al XIII-lea, prin „Programul privind îmbunătățirea nivelului tehnic și calitativ al produselor, reducerea consumurilor de materii prime, de combustibili și energie și valorificarea superioară a materiilor prime și materialelor..."

Strategia Partidului Comunist Român privind energia urmărește creșterea producției tuturor tipurilor de resurse energetice cunoscute — în condițiile unei politici de gospodărire judicioasă a rezervelor geologice, în mod special — creșterea producției și valorificarea energetică susținută a combustibililor solizi inferiori, continuarea în ritmuri înalte a acțiunii de valorificare a potențialului hidroenergetic, asimilarea și dezvoltarea unor resurse alternative de energie — cu prioritate energia nucleară, cu deschideri spre promovarea intensivă eficientă a surselor noi, reînnoibile de energie; reducerea consumurilor de energie în general și a celor deficitare — a hidrocarburilor — în special.

O componentă de importanță majoră o constituie promovarea tot mai intensă a cooperării și colaborării economice și tehnico-științifice internaționale în domeniul energiei, sub multiple aspecte.

În perioada istorică avută în vedere în documentele Congresului al XIII-lea al Partidului, știința și tehnologia energetică, sub înalta călăuzire directă a tovarășei academician dr. ing. Elena Ceaușescu, președinta Consiliului Național pentru Știință și Tehnologie, urmează să se concentreze asupra priorităților ce decurg din aceste orientări strategice stabilite, aducîndu-și o contribuție sporită la soluționarea complexă a problemelor energetice cu care ne confruntăm.

În energetică și în întreaga economie, vor fi înfăptuite sarcinile trasate în ceea ce privește utilizarea eficientă și economisirea energiei, asigurarea unei creșteri economice susținute în continuare în condițiile limitării creșterii consumurilor de energie. În acest context, se cuvin a fi menționate trei mari obiective, cu tărie subliniate în documentele de partid: primul — obiectivul îmbunătățirii hotărîte a structurii economice, prin creșterea accentuată a subramurilor cu grad înalt de prelucrare și limitarea creșterii sau chiar diminuarea la strictul necesar a producției subramurilor și proceselor energointensive (inclusiv cele consumatoare de cantități mari de produse energointensive); al doilea — modernizarea profundă a tehnologiilor și a instalațiilor tehnologice din aceste procese energointensive, mergînd pînă la reconstruiri rapide ale instalațiilor tehnologice ce provoacă astăzi mari consumuri energetice; al treilea — creșterea calității tuturor produselor, tehnologiilor, utilajelor, materialelor, construcțiilor, instalațiilor. Realizarea unei înalte calități — calitate din concepție și calitate de execuție de nivel competitiv — constituie calea atît pentru îmbunătățirea rapidă a structurii economice și totodată pentru obținerea unor consumuri energetice scăzute în toate procesele de utilizare a energiei, cît și pentru creșterea producției de resurse energetice primare și de energie electrică — prin realizarea unor investiții energetice care să atingă rapid și să-și mențină stabili parametrii proiectați.

În cuvîntarea din 19 iunie 1985 la Plenara comună a Consiliului Național al Oamenilor Muncii și Consiliului Suprem al Dezvoltării Economice și Sociale, tovarășul Nicolae Ceaușescu a subliniat cu claritate sarcinile ce revin energeticienilor, cercetării și proiectării din energetică, privind asigurarea bunei funcționări a centralelor pe cărbune, punerea în funcțiune a noilor capacități prevăzute de centrale pe cărbune, centrale hidroelectrice și nuclearoelectrice, în condițiile combaterii tendinței de a se construi „greoi și scump". De asemenea, un accent deosebit a fost pus asupra economisirii energiei și valorificării noilor surse de energie: „Trebuie să ne propunem, în acest domeniu, ca cel puțin 50 % din necesarul de energie pentru creșterea producției în următorul cincinal s-o realizăm prin reducerea consumurilor energetice, prin recuperarea și refolosirea surselor de energie și prin folosirea a noi surse de energie".

Strategia dezvoltării intensive și calitative, concepută și promovată de partid, are deci și în sfera soluționării problemelor energetice ale României încărcătura concretă și mobilizatoare pentru viitorul la a cărui edificare urmează să ne aducem întreaga contribuție.

ing. Lucia Roșca
dr. ing. Mario Duma

O metodă foarte economică de recuperare a căldurii reziduale în instalațiile tehnologice din rafinării

Dr. ing. Dumitru Dobrinescu, ing. Vasile Somoghi, ing Cornel Pătrașcu*

Descriptori : recuperare de căldură, pompă de căldură, apă menajeră

A Highly Economical Method for the Waste Heat Recuperation from the Technological Installations of Refineries

(Condensed from the paper in Romanian)

Introduction

The energy crisis has imposed for the technological installations from the refineries as well, the study and applying of some most profitable thermal energy saving methods, by heat regeneration and recovery. Even after the useful heat regenerations and recuperations applied some products attain still too high temperatures, as compared to those admitted for storage or recycling, so that they must be cooled and the heat is lost in the environment. These heat losses are sometimes quite large, as can be seen in Table 1, which refers only to cooling liquid fractions from an atmospheric and vacuum distillation unit with an oil processing capacity of $4 \cdot 10^6$ t/year. In many cases the products are cooled with recycling water. Studies concerning the possibilities to reduce these heat losses have recommended, lately, the use of heat pumps which should take over the heat from the hot recirculation water (40°C) and release it to a flow of household water for urban district heating which is heated up to 55°C.

The paper proposes a much more economic heat recuperation process from oil processing fractions, presents a technical economic justification of such a system as compared to a heat pump system, the example is given only for the vacuum distilled flow from Table 1.

1. The indirect heat recuperation from the cooling water by a heat pump

Fig. 1 presents the schematic diagram of the heat recuperation system from the cooling water of the vacuum distilled flow, by means of a mechanical vapour compression heat pump for heating a household water flow.

The vacuum distilled flow (140,000 kg/h) is cooled from 175 to 70°C in the vacuum distilled flow cooler (RDV), yielding heat to the recirculation water which is heated from 30 to 40°C, the changed thermal flow being of $31.39 \cdot 10^6$ kJ/h, and the cooling water flow amounting to 749,700 kg/h. This thermal flow is taken over by the working agent (R-21) of the heat pump evaporator V. The recirculation water discharged with 30°C flows directly into the cooling tower pool TR. The heat pump works at a minimal pressure of 1.52 bar and a condensation temperature of 60°C. The compressor C operates with a compression degree of 3.45 and recirculates 145,570 kg/h Freon, using for this an electric power amounting to 1635 kW. In the condenser-cooler CR the Freon enters with 88°C and exits with 40°C, the changed thermal flow being of $36.69 \cdot 10^6$ kJ/h. This thermal flow heats 250,380 kg/h household water, from 20 to 55°C. The heat pump efficiency amounts to 6.232. The heat pump installation needs the following heat exchange devices : two vaporizators arranged in parallel of 505 m² each, two condensers arranged in parallel of 510 m² each, and a condensate cooler of 110 m².

2. The direct heat recuperation from the cooling water

Fig. 2 gives the schematic diagram of the proposed system, for the direct cooling heat recuperation of the vacuum distilled flow DV, in order to heat up a household water flow. In this case as well as in the previous one, the cooling with recirculation water is maintained in the scheme for accidental uses. In the proposed diagram, the distilled flow DV is cooled in a demineralized water heater, IAD, this water being heated from 50 to 90°C, and yielding the absorbed heat to the household water which is heated from 20 to 55°C, in the household water heater IAM. The demineralized water is continuously recirculated by the pump P, with a flow rate of 187,425 kg/h, power consumption 26 kW. The household water cannot flow directly through the vacuum distillation flow cooler DV because of contamination danger, because of the difficulty to cut it totally or partially and because of the important salts deposits on the transfer surface.

The $31.39 \cdot 10$ kJ/h thermal flow transferred by the demineralized water 214.200 kg/h household water can be heated up. The IAD needs two identical heat exchange devices, connected in series, with a mixed flow, each one having a transfer area of 467 m² each.

The data referring to the direct recuperation scheme as well as those referring to the heat pump recuperation scheme are obtained by suitable design calculations.

Conclusions

In order to demonstrate the economical character of the proposed recovery system, a technical economic comparison is presented. It is based on the total annual expenses consisting of the annual pay off expenses and the annual operation expenses. All these expenses have been compared to the initial vacuum distillate flow cooling DV with recirculation water, without heat recuperation. The expenses caused by the cold household water, with its pumping and the hot water distribution are payed by the user.

The total investments for the mounted installation have been obtained by increasing with 100% the total equipment cost. The standardized service life has been admitted as being 16 years, while the yearly operation time is 8000 h/year. For the case of the proposed scheme, since no tower water is used, the quantity of recirculation water saved is of 749,700 kg/h.

The quantities of Freon, demineralized circuit water, the additional quantities for compensating the losses and the consumptions for the 16 years in service have been calculated.

The total investments for the proposed recuperation system ($10.70 \cdot 10^6$ lei) are much smaller than in the case of the heat pump scheme ($43.58 \cdot 10^6$ lei).

* Dr. ing. Dumitru Dobrinescu, ing. Vasile Somoghi, ing. Cornel Pătrașcu — cadre didactice la Institutul Petrol și Gaze — Ploiești

The annual expenses with the utilities are, for the heat pump scheme of $6.58 \cdot 10^6$ lei/year and for the case of the proposed recuperation system of $0.49 \cdot 10^6$ lei/year (savings due to the fact that no recirculation water is used any longer and the demineralized water pump energy consumption is reduced).

The production cost for heating houseghold water is much smaller in the case of proposed recuperation system (0.1 lei/m^3 or 0.689 lei/GJ) as compared to the heat pump scheme (4.6 lei/m^3 or 31.7 lei/GJ).

The proposed direct recuperation scheme is obviously more advantageous from an economical point of view, i.e. the household water delivery price, the refinery obtains high revenues besides the social advantages.

Introducere

În marea majoritate a instalațiilor tehnologice din rafinării și combinate petrochimice, pentru prelucrarea și chimizarea petrolului și gazelor, se utilizează procedee care necesită temperaturi ridicate și consumuri importante de utilități (combustibil, abur, apă de răcire, energie electrică).

Criza generală de energie din ultimii ani a impus, și pentru astfel de instalații tehnologice, studierea și aplicarea unor metode cît mai avantajoase de economisire, în primul rînd, a energiei termice, prin regenerări și recuperări de căldură [1, 2, 6, 7, 8, 25].

Regenerarea de căldură reprezintă o recirculare de căldură pe un flux de fluid, din avalul în amontele sursei calde, în scopul îmbunătățirii performanțelor instalației. Regenerarea de căldură în instalațiile tehnologice din rafinării constă în special în preîncălzirea materiei prime, înainte de alimentarea cuptorului, cu ajutorul produselor rezultate din instalație și în preîncălzirea aerului care alimentează focarul cuptorului, cu ajutorul gazelor de ardere evacuate la coș, ambele procese ducînd la reducerea consumului de combustibil [4, 9, 13, 20, 24].

Recuperarea de căldură reprezintă transferul de căldură, în scop util, de la diverșii efluenți ai instalației (produse, gaze de ardere) către fluxuri de fluide exterioare instalației. În marea majoritate a instalațiilor, prin recuperări de căldură se generează abur tehnologic sau energetic, care are numeroase utilizări în rafinării [4, 10, 14, 15, 21].

După realizarea regenerărilor și recuperărilor de căldură, produsele obținute în instalațiile tehnologice au, în marea majoritate a cazurilor, temperaturi prea ridicate în raport cu temperaturile maxime admisibile pentru depozitare, sau eventual pentru recirculare, și trebuie răcite, căldura cedată prin răcire fiind pierdută în mediul ambiant.

Aceste pierderi de căldură sînt foarte mari, așa cum se poate constata din tabelul 1, care se referă numai la răcirea fracțiunilor lichide (există și condensatoare, pentru vaporii de vîrf ai coloanei DA și pentru sistemul de vid al coloanei DV), dintr-o instalație de distilare atmosferică și în vid DAV, relativ recent proiectată, cu o capacitate de prelucrare de $4 \cdot 10^6$ t/an țiței.

Răcirile produselor se realizează fie cu apă de recirculare, fie cu aer, fie eventual într-un sistem mixt. În cazul sistemului de răcire cu apă de recirculare sînt necesare investiții pentru răcitoarele cu fascicul tubular în manta, turnul de răcire a apei, pompele de recirculare și stația de tratare a apei de adaos (pentru compensarea pierderilor de apă). În cazul sistemului de răcire cu aer, sînt necesare investiții pentru aparatele de răcire cu aer, cu ventilatoarele corespunzătoare pentru circulația forțată a aerului, care consumă relativ multă energie electrică pentru acționare.

Tabelul 1

Piecderile de căldură către mediul am iant prin răcirea fracțiunilor petroliere lichide dintr-o instalație DAV

Fracțiunea petrolieră	Debit [kg/h]	Temperatură inițială [°C]	Temperatură finală [°C]	Flux termic [kJ/h]
Benzină recirculată	430000	130	80	$54,16.10^6$
Petrol	49000	140	40	$11,16.10^6$
Motorină 1 DA	81000	120	55	$11,80.10^6$
Motorină 2 DA	22000	240	55	$9,92.10^6$
Distilat DV	140000	175	70	$31,39.10^6$
Reziduu DV	125000	220	100	$33,78.10^6$

Toate aceste investiții se fac numai pentru „realizarea pierderilor de căldură" impuse.

În ultimul timp, studiindu-se posibilitățile de reducere a acestor pierderi de căldură către mediul ambiant, de la produsele cu nivel termic relativ redus supuse răcirii, s-a recomandat utilizarea pompelor de căldură care, prin preluare de căldură de la apa de recirculare caldă ($\sim 40°$ C), să cedeze căldură unui flux secundar de apă menajeră care se încălzește pînă la $\sim 55°$ C și care este utilă în termoficarea urbană [11, 16, 18].

Pompele de căldură care pot fi utilizate în acest scop sînt fie pompe de căldură cu comprimare mecanică de vapori (cu freoni) fie pompe de căldură cu absorbție (cu soluție de NH_3 sau cu soluție de LiBr). Ele prezintă avantajul de a face posibilă recuperarea de căldură, dar și dezavantajul de a necesita importante investiții suplimentare și un consum propriu de energie [3, 22].

În cadrul acestei lucrări se propune un sistem mult mai economic de recuperare a căldurii

de răcire a fracțiunilor petroliere, făcîndu-se o justificare tehnico-economică a unui astfel de sistem, în raport cu un sistem de pompă de căldură. Pentru exemplificare, se analizează numai recuperarea căldurii de răcire pentru fluxul de distilat DV din tabelul 1.

1. Recuperarea indirectă a căldurii din apa de răcire, cu pompă de căldură

În figura 1 este redată schema de principiu a sistemului de recuperare a căldurii din apa de răcire a distilatului de vid, prin intermediul unei pompe de căldură simple cu comprimare mecanică de vapori, în scopul încălzirii unui flux de apă menajeră.

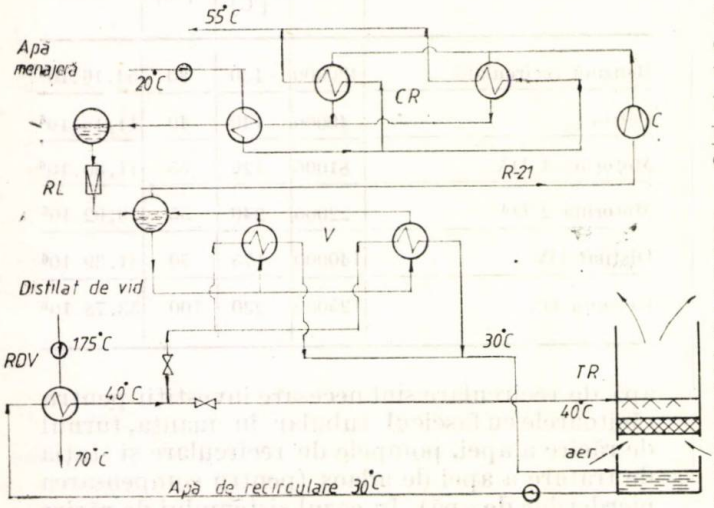


Fig. 1

În răcitorul de distilat de vid RDV, distilatul de vid se răcește de la 175° C pînă la 70° C, cu apă de recirculare care se încălzește de la 30° C pînă la 40° C (temperaturi recomandate în proiectare pentru apa de recirculare). Căldura preluată de apa de recirculare este cedată în vaporizatorul pompei de căldură, apa rece fiind trecută apoi în bazinul turnului de răcire.

Este menținută și legătura obișnuită a apei de recirculare la turnul de răcire TR, pentru situația accidentală în care pompa de căldură nu ar fi în funcțiune.

Instalația de pompă de căldură conține următoarele elemente principale: compresorul C, condensator-răcitorul CR, robinetul de laminare RL și vaporizatorul V. În condensator-răcitor agentul de lucru, care se află într-un circuit închis, cedează căldură apei menajere, care se încălzește de la 20° C pînă la 55° C.

Principiul de funcționare a pompei de căldură este următorul: vaporii saturați de agent de lucru sînt comprimați, ei supraîncălzindu-se; în CR vaporii se răcesc și condensează, iar condensul se răcește sub temperatura de condensare, practic la presiune constantă, cedîndu-se căldură sursei calde (apa menajeră); condensul rezultat este laminat, temperatura sa scăzînd și avînd loc și o ușoară vaporizare; în vaporizator lichidul se vaporizează, absorbind căldură de la sursa rece (apa de recirculare), iar vaporii rezultați sînt trași de compresor. Problemele instalațiilor de pompă de căldură se rezolvă cu ajutorul diagramei presiune-entalpie a agentului de lucru utilizat [3, 5, 22].

Efectuîndu-se anteproiectul tehnologic al instalației de recuperare de căldură redate în schemă, s-au stabilit principalele elemente constructiv-funcționale, care se prezintă în cele ce urmează. Distilatul de vid cu un debit de 140 000 kg/h se răcește de la 175° C pînă la 70° C, cedînd un flux termic de $31{,}39 \cdot 10^6$ kJ/h. Apa de recirculare, care preia acest flux termic încălzindu-se de la 30° C pînă la 40° C, are un debit de 749 700 kg/h. Răcitorul de distilat de vid, cu un pas în manta și mai multe pasuri în tuburi, lucrează cu o diferență medie de temperatură de 75,6° C, necesitînd o arie de transfer de 500 m².

S-a admis ca agent de lucru în circuitul pompei de căldură freonul R-21 ($CHFCl_2$), acesta avînd presiunea minimă 1,52 bar, la temperatura de vaporizare 20° C, și presiunea maximă 5,24 bar, la temperatura de condensare 60° C. Compresorul funcționează cu un raport de compresie 3,45 și recirculă 145 570 kg/h freon, consumînd pentru aceasta o putere electrică de 1 635 kW. Temperatura freonului comprimat este de 88° C, iar temperatura admisă pentru răcirea condensului 40° C. În aceste condiții, sarcina termică a condensator-răcitorului este de $36{,}69 \cdot 10^6$ kJ/h. Cu acest flux termic poate fi încălzit, de la 20° C pînă la 55° C, un debit de apă menajeră de 250 380 kg/h.

Condensator-răcitorul se compune din trei aparate de schimb de căldură: două aparate în paralel de cîte 510 m² pentru răcirea și condensarea vaporilor, urmate în serie de un aparat de 110 m² pentru răcirea condensului. Vaporizatorul circuitului de pompă de căldură lucrează cu o diferență medie de temperatură de 14,4° C și necesită două aparate de schimb de căldură în paralel, avînd fiecare cîte 505 m² arie de transfer.

În concluzie, se constată că sistemul de pompă de căldură recuperează $31{,}39 \cdot 10^6$ kJ/h din apa de recirculare cu temperatura de 40° C și cedează $36{,}69 \cdot 10^6$ kJ/h pentru încălzirea a 250 380 kg/h apă menajeră pînă la temperatura de 55° C. Sistemul necesită un compresor care consumă 1 635 kW putere electrică și o serie de aparate de schimb de căldură cu o arie totală de transfer de 2 140 m².

Eficiența pompei de căldură, care reprezintă raportul dintre fluxul termic cedat sursei calde și puterea consumată de compresor, are valoarea dimensională 22 440 kJ/kWh, sau valoarea adimensională 6,232.

În continuare, se prezintă o modalitate simplă de apreciere a economiei de combustibil,

prin utilizarea pompei de căldură în sistemul de recuperare analizat. Pentru a se livra apei menajere $36{,}69 \cdot 10^6$ kJ/h, într-un cazan individual funcționînd cu un randament 0,9, s-ar consuma 1 391 kg/h combustibil convențional. Pentru producerea puterii electrice consumate de 1 635 kW, într-o centrală termoelectrică funcționînd cu un randament 0,3, s-ar consuma 670 kg/h combustibil convențional. Se constată deci o economie de 721 kg/h sau, pentru un timp de funcționare de 8 000 h/an, o economie de $5{,}768 \cdot 10^6$ kg/an combustibil convențional. Această economie poate fi exprimată și prin raportul 721/36,69 = 19,65 kg combustibil convențional economisit/GJ căldură livrată cu apa menajeră.

2. Recuperarea directă a căldurii din apa de răcire

În figura 2 este redată schema de principiu a sistemului propus pentru recuperarea directă a căldurii din apa de răcire a distilatului de vid, în scopul încălzirii unui flux de apă menajeră.

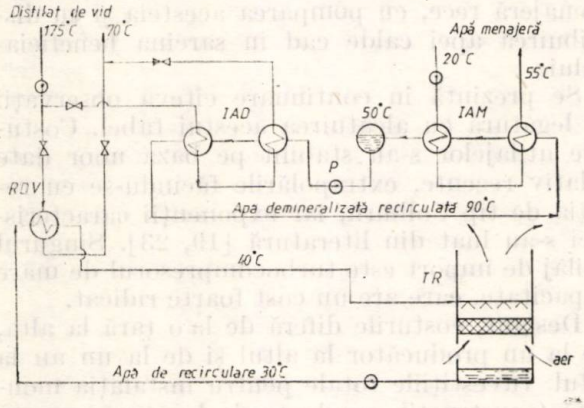


Fig. 2

În răcitorul de distilat de vid RDV, distilatul de vid se răcește de la 175° C pînă la 70° C, cu apă de recirculare, care se încălzește de la 30° C pînă la 40° C, numai în caz accidental cînd nu este utilizat sistemul de recuperare a căldurii. În mod normal, distilatul de vid se răcește în încălzitorul de apă demineralizată IAD, această apă încălzindu-se de la 50° C pînă la 90° C. Căldura preluată de apa demineralizată este cedată apoi apei menajere, care se încălzește de la 20° C pînă la 55° C, în încălzitorul de apă menajeră IAM. Apa demineralizată cu temperatura de 50° C este în continuare recirculată de către pompa P la încălzitorul IAD. Apa menajeră nu poate fi trecută direct prin acest încălzitor (sau prin RDV), din cauza existenței posibilităților de impurificare, a dificultății de a putea fi întreruptă total sau parțial și din cauza depunerilor importante de săruri pe suprafața de transfer.

Pentru că practic se utilizează schimbătoare de căldură cu cap mobil cu mai multe pasuri în tuburi (curent mixt) și nu schimbătoare rigide în contracurent, cum temperatura de ieșire a fluidului rece trebuie să fie mai mică decît temperatura de ieșire a fluidului cald, la schimbătoarele IAD și IAM se vor utiliza cîte două aparate în serie (global contracurent).

Efectuîndu-se anteproiectul tehnologic al sistemului de recuperare directă a căldurii, redat în schema propusă, s-au stabilit principalele elemente constructiv-funcționale, care se prezintă în cele ce urmează.

Fluxul termic cedat prin răcirea distilatului de vid ($31{,}39 \cdot 10^6$ kJ/h) trebuie preluat cu un debit de apă demineralizată de 187 425 kg/h. Cum, în raport cu răcitorul RDV, diferența medie de temperatură este mai mică (apa are temperaturi mai ridicate), încălzitorul IAD va avea o arie globală de transfer mai mare. Luîndu-se două aparate identice în curent mixt și utilizîndu-se metoda unităților de transfer de căldură [4], s-au obținut : aria unui aparat 467 m², temperatura intermediară a distilatului 104,3° C temperatura intermediară a apei 63,1° C, $Q = 21{,}14 \cdot 10^6$ kJ/h și $\Delta t = 54{,}7°$ C pentru aparatul cald și respectiv $Q = 10{,}25 \cdot 10^6$ kJ/h și $\Delta t = 26{,}5°$ C pentru aparatul rece.

În încălzitorul de apă menajeră se schimbă global același flux termic ($31{,}39 \cdot 10^6$ kJ/h) și debitul de apă încălzită va fi de 214 200 kg/h (ceva mai mic decît în cazul schemei cu pompă de căldură). Luîndu-se două aparate identice în curent mixt, s-au obținut prin calcule : aria unui aparat 204 m², temperatura intermediară a apei demineralizate 69,2° C, temperatura intermediară a apei menajere 36,7° C, $Q = 16{,}32 \cdot 10^6$ kJ/h și $\Delta t = 33{,}7°$ C pentru aparatul cald și respectiv $Q = 15{,}07 \cdot 10^6$ kJ/h și $\Delta t = 31{,}2°$ C pentru aparatul rece.

Aria globală de transfer de căldură necesară în sistemul recuperator este egală cu 1 342 m² (față de 2 140 m² în schema anterioară).

Pompa de recirculare a apei demineralizate, antrenată cu motor electric, acoperind o cădere totală de presiune de aproximativ 4 bar, consumă o putere de 26 kW.

Pentru a livra apei menajere $31{,}39 \cdot 10^6$ kJ/h într-un cazan individual funcționînd cu un randament 0,9 s-ar consuma 1 190 kg/h combustibil convențional. Cum această căldură este obținută prin recuperare, înseamnă că economia de combustibil este de 1 190 kg/h, $9{,}52 \cdot 10^6$ kg/an sau 1 190/31,39 = 37,91 kg combustibil convențional economisit/GJ căldură livrată cu apa menajeră (față de 19,65 în schema anterioară).

Se constată că schema propusă, cu recuperare directă a căldurii din apa de răcire a distilatului de vid, este mult mai avantajoasă economic decît schema anterioară, cu recuperare indirectă a căldurii prin pompă de căldură.

Tabelul 2

Comparație tehnico-economică a sistemelor de recuperare a căldurii analizate

Sistemul	Cu pompă de căldură	Cu recuperare directă
Investiții și amortizări anuale		
Compresor freon cu motor de de 1635 kW [lei]	13361860	—
Răcitor-condensator freon vap. 2×510 m²[lei]	3698210	—
Răcitor freon condens 110 m² [lei]	671870	—
Vaporizator freon 2×505 m² [lei]	3809910	—
Rezervor freon condens 10 m³ [lei]	150000	—
Separator faze freon 10 m³[lei]	100000	—
Încălzitor apă demineralizată 2×467 m²[lei]	—	3081710
Încălzitor apă menajeră 2× ×204 m² [lei]	—	2020000
Pompă apă demineralizată cu motor 26 kW [lei]	—	49100
Rezervor apă demineralizată 25 m³[lei]	—	200000
Cost total utilaje [lei]	21791850	5350810
Investiții totale instalație montată [lei]	43583700	10701620
Cheltuieli anuale cu amortizarea [lei/an]	2723981	668851
Consumuri de utilități		
Consum energie electrică compresor [kWh/an]	13080000	—
Consum freon [kg/an]	1875	—
Consum energie electrică pompă [kWh/an]	—	208000
Consum de apă demineralizată [m³/an]	—	3
Economie de apă de recirculare [m³/an]	—	5997600
Cheltuieli cu utilitățile și cheltuieli totale		
Cheltuieli cu energia electrică [lei/an]	6540000	104000
Cheltuieli cu freonul [lei/an]	41250	—
Cheltuieli cu apa demineralizată [lei/an]	—	33
Cheltuieli (economii) cu apa de de recirculare [lei/an]	—	—599760
Cheltuieli anuale cu utilitățile [lei/an]	6581250	—495727
Cheltuieli anuale totale [lei/an]	9305231	173124
Alți indici tehnico-economici		
Apă menajeră încălzită anual [m³/an]	2003040	1713600
Căldură livrată anual [GJ/an]	293520	251120
Cost producție încălzire apă [lei/m³]	4,646	0,101
Cost producție căldură livrată [lei/GJ]	31,702	0,689

În aceste calcule de economie de combustibil nu s-a ținut seamă și de avantajul suplimentar, tot pentru schema cu recuperare directă, provenit din faptul că se consumă mai puțină energie pentru recircularea apei de răcire a distilatului de vid, cauza principală fiind debitul mai mic de apă de răcire necesară. Calculele de optimizare a răcitoarelor cu apă tratată arată că, în cazul în care apa nu trebuie recirculată prin turnul de răcire, diferența de temperatură cu care se încălzește apa trebuie să fie de cîteva zeci de grade [4], ca în cazul IAD.

Concluzii

În tabelul 2 se prezintă o comparație tehnico-economică între cele două scheme de recuperare a căldurii analizate și se trag concluziile corespunzătoare. În această comparație, se ține seamă de cheltuielile anuale totale, compuse din cheltuielile anuale cu amortizarea și cheltuielile anuale cu exploatarea. Toate aceste cheltuieli se iau în raport cu cazul inițial, de răcire a distilatului de vid cu apă de recirculare, fără recuperare de căldură. Cheltuielile cu apa menajeră rece, cu pomparea acesteia și cu distribuirea apei calde cad în sarcina beneficiarului.

Se prezintă în continuare cîteva observații în legătură cu alcătuirea acestui tabel. Costurile utilajelor s-au stabilit pe baza unor date relativ recente, extrapolările făcîndu-se cu relația de tip Colburn, iar exponenții caracteristici s-au luat din literatură [19, 23]. Singurul utilaj de import este turbocompresorul de mare capacitate, care are un cost foarte ridicat.

Desigur, costurile diferă de la o țară la alta, de la un producător la altul și de la un an la altul. Investițiile totale pentru instalația montată (construcții, conducte de legătură, aparatură de control, montaje, întreținere și reparații) s-au obținut prin majorarea cu 100% a costului total al utilajelor. Pentru toate utilajele, durata normată de serviciu s-a luat egală cu 16 ani.

Timpul de funcționare a instalației s-a admis egal cu 8 000 h/an, costul specific al energiei electrice 0,5 lei/kWh și costul specific al apei de recirculare 0,1 lei/m³ (acesta s-ar putea lua și ceva mai mare, avantajele schemei propuse crescînd și mai mult). În cazul schemei propuse, cu recuperare directă de căldură, pentru că nu se mai utilizează apă de turn, se face o economie de 749 700 kg/h apă de recirculare.

S-au apreciat : cantitatea de freon existent în circuit 15 000 kg, durata normată de serviciu 16 ani, un consum suplimentar de 100% pentru înlocuirea pierderilor în această perioadă și costul freonului de import 22 lei/kg. În raport cu freonul, ponderea apei demineralizate este extrem de mică. Cantitatea sa în circuit este de 25 m³, durata normată de serviciu și

consumul suplimentar ca în cazul freonului, iar costul 11 lei/m^3.

Pe baza datelor din tabelul 2, se pot trage următoarele concluzii :

— investiţiile totale pentru sistemul de recuperare a căldurii sînt mult mai mari în cazul utilizării pompei de căldură, decît în cazul recuperării directe, ponderea mare avînd-o compresorul ;

— cheltuielile cu utilităţile sînt foarte importante în cazul utilizării pompei de căldură (consumuri de energie electrică şi freon), iar în cazul recuperării directe a căldurii există economii importante, pentru că economia cu apa de recirculare depăşeşte cheltuielile cu energia electrică la pompa de recirculare a apei demineralizate ;

— costul de producţie pentru încălzirea apei menajere, precum şi cel al căldurii corespunzătoare livrate, sînt de 46 ori mai mici în cazul schemei de recuperare propuse, în raport cu schema cu utilizare a pompei de căldură ;

— avantajele economice ale schemei cu recuperare directă sînt categorice şi, ţinîndu-se seamă de preţul de livrare a apei menajere, rezultă beneficii foarte mari pentru rafinărie, pe lîngă avantajele sociale aduse.

Economia de combustibil realizată prin recuperarea căldurii de răcire a distilatului de vid, net superioară pentru schema propusă, a fost discutată în paragrafele anterioare.

Dacă compresorul pompei de căldură nu s-ar antrena cu motor electric, ci cu turbină cu abur, investiţiile ar fi mai mari, iar cheltuielile de exploatare mai mici, dacă se utilizează abur energetic produs prin recuperare de căldură în unele instalaţii tehnologice din rafinărie (piroliză, cracare catalitică) [5, 12, 17].

Din lipsă de date suficiente, în cadrul acestei lucrări nu s-a putut face o comparaţie tehnico-economică şi cu o pompă de căldură cu absorbţie, cu soluţie de LiBr. O astfel de instalaţie cu absorbţie, de mare capacitate, ridică numeroase probleme [3, 22] şi, chiar dacă ea nu necesită compresor, impune totuşi investiţii şi consumuri de utilităţi (abur) importante. S-ar putea ca pompa de căldură cu absorbţie cu soluţie de LiBr să fie mai economică decît pompa de căldură analizată, dar sigur foarte departe de economicitatea schemei cu recuperare directă propuse.

Din punctul de vedere al inginerului tehnolog de petrol, care obişnuit are reţineri la utilizarea pompei de căldură pentru recuperări de căldură, schema cu recuperare directă este acceptabilă, nu numai pentru marea sa economicitate, ci şi din punctul de vedere al uşurinţei de operare. Pentru siguranţa realizării permanente a temperaturii de răcire a distilatului de vid, acţionările pompei de apă menajeră trebuie să fie asigurate de către operatorii instalaţiei tehnologice.

În încheiere, se consideră ca oportună proiectarea şi realizarea unor sisteme de recuperare directă a căldurii reziduale din diverse fluxuri de fluide din instalaţiile tehnologice ale rafinăriilor, în scopul încălzirii apei necesare în termoficarea urbană, care categoric sînt mai economice decît sistemele cu pompă de căldură. În acest mod, se va răspunde cu succes sarcinilor actuale privind economia de combustibil, economia de energie electrică, recuperarea de căldură din resursele secundare regenerabile, reducerea importurilor şi reducerea investiţiilor.

Bibliografie

[1] Cantrell, C. J. *Waste heat recovery cuts plant fuel cost.* In : Oil and Gas Journal, 8 nov. 1976, p. 181—186.

[2] Carpenter, D. J., Thomas, D. A. *Low-grade refinery heat recovery merits attention.* In : Oil and Gas Journal, 28 ian. 1980, p. 137—148.

[3] Chiriac, F. *Instalaţii frigorifice.* E.D.P., Bucureşti, 1981.

[4] Dobrinescu, D. *Procese de transfer termic şi utilaje specifice.* E.D.P., Bucureşti, 1983.

[5] Dobrinescu, D. *Termoenergetica combinatelor petrochimice.* I.P.G., Ploieşti, 1985.

[6] *Économies d'énergie en raffinage et pétrochimie.* Technip, Paris, 1976.

[7] *Energy management handbook for petroleum refineries, gas processing and petrochemical plants.* Gulf Publishing Company, Houston, 1979.

[8] Fanaritis, J. P., Streich, H. J. *Heat recovery in process plants.* Chem. Eng., 28 mai 1973, p. 80—88.

[9] Fleming, J. B. ş.a. *Energy conservation in new-plant design.* În : Chem. Eng., 21 ian. 1974, p. 112—122.

[10] Goosens, G. *Principles govern energy recovery.* Hydr. Proc., aug. 1978, p. 133—140.

[11] Grigoriu, I., Ţuţuianu, S. *Aspecte ale folosirii pompelor de căldură pentru recuperarea energiei din resurse secundare în industria chimică.* Revista de Chimie, nr. 9, 1980, p. 898—902.

[12] Hinchley, P. *Waste heat boilers-Problems and solutions.* În : Chem. Eng. Progr., mart. 1977, p. 90—96.

[13] Huang, F., Elshout, R. *Optimizing the heat recovery of crude units.* Chem. Eng. Progr., iul. 1976, p. 68—74.

[14] Kiang, Y. *Waste energy utilization technology.* New York, 1981.

[15] Manning, Jr., E. *Design plant-wide heat recovery.* În : Hydr. Proc., nov. 1980, p. 245—247.

[16] Mironov, A. *O cale de economisire a energiei.* În : Flacăra, 33, nr. 6, 10 feb. 1984.

[17] Mol, A. *Which heat recovery system.* În : Hydr. Proc., iul. 1973, p. 109.

[18] Parker, J. D. *Heat pumps show promise for industry.* În : Oil and Gas Journal, 4 dec. 1978, p. 76—80.

[19] Peters, M. S., Timmerhaus, K. D. *Plant design and economics for chemical engineers.* McGraw-Hill, Kogakusha, Tokyo, 1980.

[20] Robertson, J. C. *Energy conservation in existing plants.* În : Chem. Eng., 21 ian. 1974, p. 104—111.

[21] Shepherd, D. G. *Pick up energy from low heat sources.* În : Hydr. Proc., dec. 1977, p. 141—149.

[22] Stamatescu, C. ş.a. *Tehnica frigului,* vol. 2 — *Calculul şi construcţia maşinilor şi instalaţiilor frigorifice industriale.* Ed. Tehnică, Bucureşti, 1979.

[23] Suciu, G. ş.a. *Ingineria prelucrării hidrocarburilor,* vol. 2. Ed. Tehnică, Bucureşti, 1974.

[24] Verde, L. *Economia dell'energia nei complessi petrolchimici e nelle raffinerie.* In : La chimica e l'industria, iul. 1976.

[25] Wiechula, B. A. *Experience points to criteria for waste heat recovery.* In : Hydr. Proc., 58, mai 1979, p. 149.

(Primit la 13 septembrie 1984, acceptat la 12 aprilie 1985)

Simularea pe calculator numeric a pornirii unei acționări cu motor asincron trifazat și cuplaj centrifugal

Ing. Liviu Canciu, ing Nicolae Oprișiu, ing. Constantin Zamfira, ing. Mihai Ploscaru*

Descriptori: acționare, motor asincron trifazat, cuplaj elastic, cuplaj centrifugal, cuplă cu alice, cuplă hidraulică

Introducere

Pentru pornirea unei acționări cu motor electric trifazat asincron în care utilajul acționat are un moment mare de inerție (de exemplu moară de cărbune) se folosește un cuplaj elastic între motor și mecanismul antrenat, cuplaj care permite creșterea turației motorului mai repede decît turația mecanismului antrenat, astfel încît curentul absorbit de la rețea de motorul asincron să scadă relativ rapid la o valoare acceptabilă și să nu fie periclitat motorul din punct de vedere termic. În continuare se studiază pornirea unei acționări cu cuplaj centrifugal de tip cu alice, cuplaj care în faza inițială funcționează cu alunecare, permițînd motorului să-și crească rapid turația, urmînd ca în momentul egalizării turațiilor amonte și aval de cuplaj (turațiile rotorului și tobei cuplajului), acesta să se comporte ca un cuplaj rigid (să lucreze fără alunecare). Un astfel de cuplaj mai prezintă avantajul că în momentul apariției unor șocuri alunecă, astfel încît șocurile nu sînt transmise dintr-o parte în alta a cuplajului.

Procesul pornirii acționării cu cuplaj centrifugal s-a modelat matematic, în vederea alcătuirii unui program de calcul pe calculator numeric scris în limbaj FORTRAN.

În final se prezintă și simularea pornirii acționării prevăzută cu cuplaj hidraulic.

1. Modelarea matematică a procesului pornirii acționării

În figura 1 se prezintă schematic acționarea cu cuplaj cu alice. Motorul electric de antrenare este cuplat direct cu arborele de intrare (arbo-

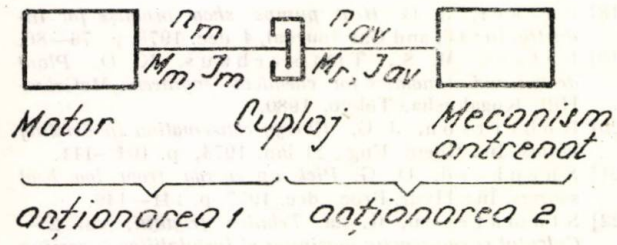


Fig. 1

rele amonte) al cuplajului. Arborele de ieșire (arborele aval) al cuplajului este cuplat cu utilajul acționat direct sau prin intermediul unui reductor.

Se introduc notațiile:

- n_m — turația motorului (turația amonte);
- n_s — turația de sincronism a motorului;
- n_{av} — turația arborelui de ieșire al cuplajului (turația aval).
- M_m — cuplul motor (cuplul de antrenare);
- M_r — cuplul rezistent (redus la arborele de ieșire al cuplajului);
- J_m — momentul de inerție al ansamblului motor-rotor cuplaj (inclusiv alicele);
- J_{av} — momentul de inerție al ansamblului aval de cuplaj (inclusiv toba cuplajului), redus la turația n_{av}.

Se definesc următoarele alunecări:

— alunecarea amonte (alunecarea motorului):

$$s_m = \frac{n_s - n_m}{n_s};$$

— alunecarea aval:

$$s_{av} = \frac{n_s - n_{av}}{n_s};$$

— alunecarea cuplajului:

$$s_c = \frac{n_m - n_{av}}{n_s}.$$

Se observă că:

$$s_c = s_{av} - s_m.$$

Pentru cazul în care cuplajul lucrează cu alunecare, acesta împarte acționarea în două. Pentru acționarea amonte de cuplaj cuplul motor este cuplul de antrenare al motorului M_m, cuplul rezistent este cuplul dezvoltat de cuplaj, iar momentul de inerție este J_m. Pentru acționarea aval de cuplaj, cuplul motor este cuplul transmis de cuplaj (rezultat din cuplul dezvoltat de cuplă din care se scade cuplul de frecări în cuplă), cuplul rezistent este M_r, iar momentul de inerție este J_{av}.

Pentru cazul cînd cuplajul lucrează fără alunecare, acționarea este unică și cuplul motor este M_m, cuplul rezistent este M_r, iar momentul de inerție este suma momentelor de inerție J_m și J_{av}.

Cuplajul cu alice fiind un cuplaj de tip centrifugal se poate considera că cuplul dezvoltat M_c este proporțional cu pătratul turației. Expresia sa funcție de alunecare este:

$$M_c = M_{cs}(1 - s_m)^2,$$

* Ing. Liviu, Canciu ing. Nicolae Oprișiu — cercetători științifici principali, ing. Mihai Ploscaru — proiectant principal, ing. Constantin Zamfira — ICEMENERG-București

unde M_{cs} este cuplul dezvoltat de cuplaj la turația de sincronism a motorului.

Cuplul de frecări în cuplaj M_f este funcție de alunecarea cuplajului:

$$M_f = M_{f1}(s_{av} - s_m),$$

unde M_{f1} este cuplul de frecări în cuplaj la alunecare a cuplajului.

Pentru cuplul rezistent al mecanismului antrenat, modelat prin două ecuații în domeniul de alunecări 0—1, se introduce expresia:

$$M_r = M_{rs1(2)}[\eta_{1(2)} + (s_1 - s_{av})^2(1 - \eta_{1(2)})],$$

unde indicii 1 sau 2 se referă la cele două porțiuni de cuplu rezistent delimitate de alunecarea limită s_l cuprinsă între 0 și 1. M_{rs} reprezintă cuplul rezistent la turația de sincronism a motorului, iar η_l este un coeficient cuprins între 0 și 1 (se observă că pentru $\eta_l = 1$ cuplul rezistent este constant, independent de alunecare, iar pentru $\eta_l = 0$ cuplul rezistent este de tip centrifugal).

Pentru motor regimul de pornire se consideră ca o succesiune de regimuri staționare, ecuația cuplului funcție de alunecare fiind bine cunoscută.

Notînd cu ω pulsația rețelei de alimentare a motorului și cu p numărul de perechi de poli ai motorului se pot scrie următoarele ecuații de mișcare pentru cazul în care cupla lucrează cu alunecare:

— pentru acționarea 1:

$$\frac{J_m\omega}{p}\frac{ds_m}{dt} = M_c(s_m) - M_m(s_m);$$

— pentru acționarea 2:

$$\frac{J_{av}\omega}{p}\frac{ds_{av}}{dt} = M_r(s_{av}) - M_c(s_m) + M_f(s_c).$$

Pentru cazul în care s-au egalizat turațiile amonte și aval ecuația de mișcare este:

$$\frac{(J_m + J_{av})\omega}{p}\frac{ds}{dt} = M_r(s) - M_m(s),$$

unde $s = s_m = s_{av}$.

Pentru cazurile practice momentul de inerție J_{av} este mult mai mare decît J_m. La conectarea motorului la rețea, acesta își crește turația, cuplajul începînd să dezvolte cuplu. În momentul în care cuplul dezvoltat (minus cuplul de frecări) depășește cuplul rezistent al mecanismului antrenat M_r corespunzător turației zero aval de cuplaj, mecanismul antrenat începe să-și crească turația. Între timp motorul ajunge la un regim staționar corespunzător intersecției caracteristicii cuplului motor cu cuplul dezvoltat de cuplaj, rămînînd în acest regim pînă cînd alunecarea cuplei devine zero. În acest moment acționarea își mai crește puțin turația pînă la atingerea noului regim staționar corespunzător intersecției caracteristicii cuplului motor cu cuplul rezistent.

2. Program de calcul pentru calculator numeric

Modelarea acționării s-a făcut considerînd numai ecuațiile de mișcare, pentru motorul electric considerîndu-se o succesiune de regimuri staționare, lucru suficient de corect, avînd în vedere înregistrările efectuate la pornirea motoarelor din serviciile interne ale centralelor electrice.

S-a considerat că motorul electric este conectat la o bară pe care funcționa o sarcină inițială de tip putere activă constantă cu tensiunea barei și putere reactivă proporțională cu tensiunea barei. Bara de alimentare este legată la nodul de putere infinită printr-o impedanță longitudinală de tip $\bar{Z} = R + jX$.

Pentru integrarea ecuațiilor diferențiale s-a utilizat algoritmul de integrare numerică Runge-Kutta, varianta Gill.

Programul de calcul s-a scris în limbaj FORTRAN și s-a rulat pe un calculator FELIX C 32.

Programul calculează la diverse momente de timp, corespunzătoare pasului ales, tensiunea pe bare, curenții și puterile active și reactive absorbite de motor și sarcina suplimentară de pe bare, energiile dezvoltate în statorul și rotorul motorului datorită pierderilor, alunecările amonte, aval și a cuplajului.

Pentru exemplificare s-a considerat o acționare cu motor asincron de tip MAB 500 V — 130 — 6, 1 250 kW, 6 kV, avînd J amonte egal cu cel din aval și egal cu 100 kgm². Pentru cuplajul centrifugal s-a considerat că cuplul dezvoltat la turația de sincronism a motorului este mai mare cu 50% decît cuplul nominal al motorului.

Pentru cuplul rezistent s-a considerat o variație de tip pătratic, cu cuplul la alunecare zero egal cu 50% din cuplul nominal al motorului, iar cuplul la alunecare 1 egal cu 11% din cuplul nominal al motorului. Motorul electric s-a considerat conectat la o bară de 6 kV avînd o putere de scurtcircuit de 250 MVA și o sarcină inițială $\bar{S} = 15 + j10$ MVA.

În figura 2 s-au reprezentat tensiunea barei, curentul absorbit de motor și alunecările în timpul procesului de pornire. De asemenea, s-au reprezentat și energiile dezvoltate în motor E_t, în stator E_s și în rotor E_r, datorate pierderilor.

3. Ecuațiile generale ale cuplajelor centrifugale de tip cu alice și hidraulice

Notînd cu M_1 cuplul dezvoltat de cuplaj (care acționează ca un cuplu rezistent față de motorul de antrenare), cu M_2 cuplul transmis de cuplaj (care acționează ca un cuplu de antrenare față de mecanismul antrenat), se poate

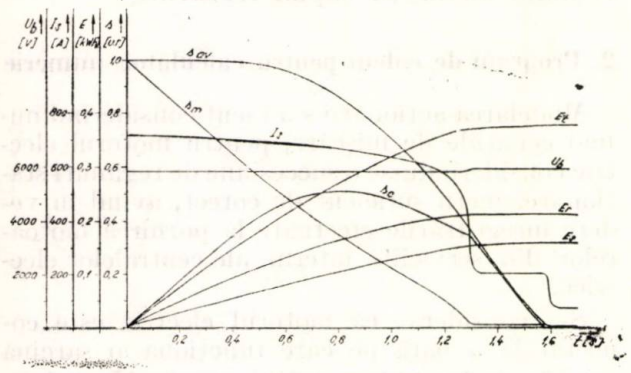


Fig. 2.

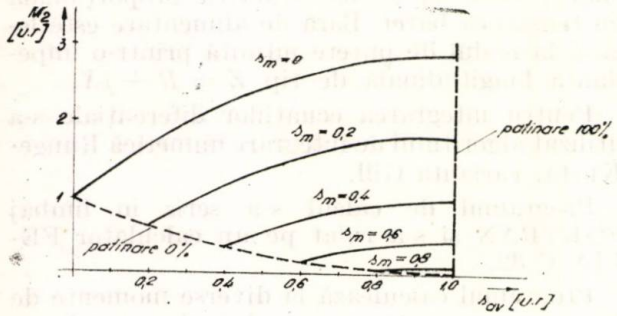


Fig. 3.

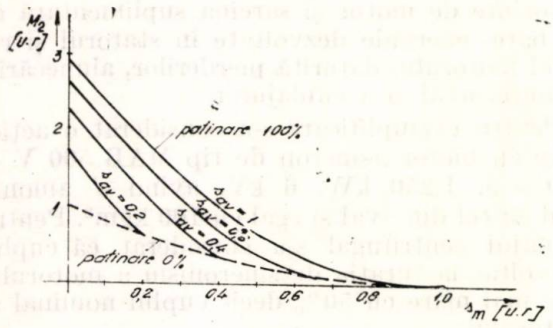


Fig. 4.

scrie (ținînd cont și de frecările în interiorul cuplajului) :

$$M_2 = M_{1c}\,(1 - s_m)^{m_1} - M_{2c}\,(1 - s_{av})^{m_2} - M_f\,(s_{av} - s_m);$$

$$M_1 = M_0 + M_2,$$

unde M_0, M_{1c}, M_{2c}, M_f, m_1 și m_2 definesc cuplajul și sînt funcție de parametrii constructivi și funcționali ai cuplajului (de exemplu grad de umplere).

Aceste ecuații generale definesc atît cupla cu alice, cît și cupla hidraulică. Pentru cupla cu alice $M_{1c} > M_{2c}$, iar pentru cupla hidraulică $M_{1c} = M_{2c}$. Pentru exemplificare se dau în figurile 3 și 4 caracteristicile cuplu transmis alunecare (în unități relative) pentru cupla cu alice avînd $M_{1c} = 3$, $M_{2c} = 2$, $M_f = 0{,}1$, $m_1 = 2$ și $m_2 = 2$. În figurile 5 și 6 se dau aceste ca-

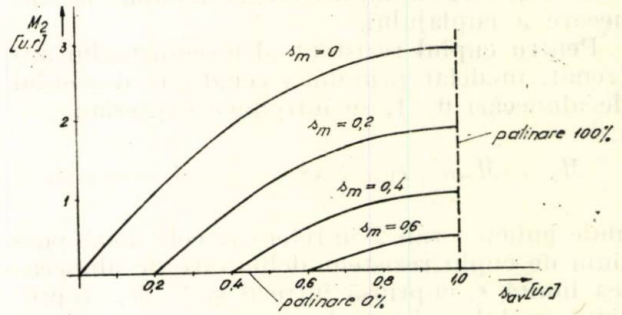


Fig. 5.

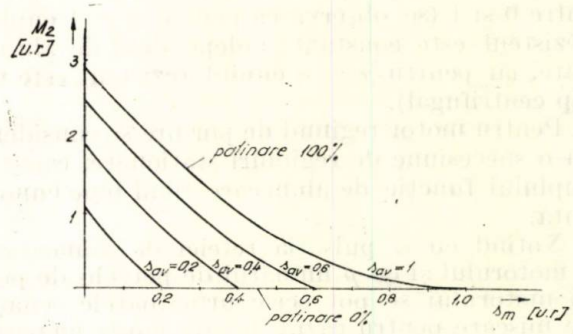


Fig. 6.

racteristici pentru cupla hidraulică cu grad constant de umplere cu ulei, avînd $M_{1c} = M_{2c} = 3$, $M_f = 0{,}1$, $m_1 = 2$ și $m_2 = 2$.

În cazul unui grad mai mic de umplere cu alice sau ulei curbele vor fi mai coborîte.

Se observă că aceste caracteristici sînt cuprinse într-un domeniu delimitat de două curbe : curba de patinare 100 % ($s_{av} = 1$) și curba de patinare 0 % ($s_m = s_{av}$). Pentru cupla cu alice curba de patinare 0 % este situată deasupra axei absciselor, deoarece această cuplă lucrează în regim staționar fără alunecare, dezvoltînd un anumit cuplu (bineînțeles dacă este aleasă în mod corespunzător).

Pentru cupla hidraulică, curba de patinare 0 % este chiar axa absciselor, ea netransmițînd cuplu la $s_m = s_{av}$. Această cuplă funcționează permanent cu o anumită alunecare și se alege în cadrul unei acționări astfel încît alunecarea în regim staționar să nu depășească cîteva procente.

Alegerea corespunzătoare a unui cuplaj centrifugal în cadrul unei acționări se poate face ținînd cont de caracteristicile tuturor elementelor acționării. O problemă importantă o repre-

zintă caracteristicile mecanice cuplu-turație (alunecare) pentru motorul de antrenare și pentru mașina antrenată. De exemplu, pentru o acționare cu cuplă cu alice, intersecția între curba cuplului motor și caracteristica $M_1 - s_m$ pentru patinare 100% va trebui să se producă între alunecarea nominală a motorului și alunecarea de cuplu maxim. În felul acesta curentul absorbit de motor în timpul procesului de pornire a acționării scade relativ repede la o valoare micșorată față de curentul mare din momentul inițial al pornirii. Astfel se micșorează încălzirea motorului în timpul pornirii față de situația în care curentul mare de pornire se menține un timp îndelungat (cînd intersecția se produce la alunecări relativ mari). De asemenea, caracteristica $M_2 - s_{av}$ pentru patinare 0% va trebui să fie deasupra caracteristicii cuplu rezistent-alunecare aval cuplă în zona alunecărilor mici. În caz contrar cupla va funcționa cu alunecare, ceea ce nu este permis.

În cazul unei acționări cu cuplă hidraulică, prin alegerea corelată a cuplei cu motorul de antrenare și mecanismul antrenat se obține o pornire optimă și o funcționare în regim staționar cu alunecări acceptabile pentru cuplă (cîteva procente).

4. Simulări de porniri pe calculator

În cadrul programului de calcul prezentat s-au introdus ecuațiile generale pentru caracteristicile cuplei și s-a considerat acționarea cu motorul MIB-X 1 000 kW. În figura 7 s-a reprezentat variația mărimilor electrice și mecanice pentru cazul simulării pornirii acționării

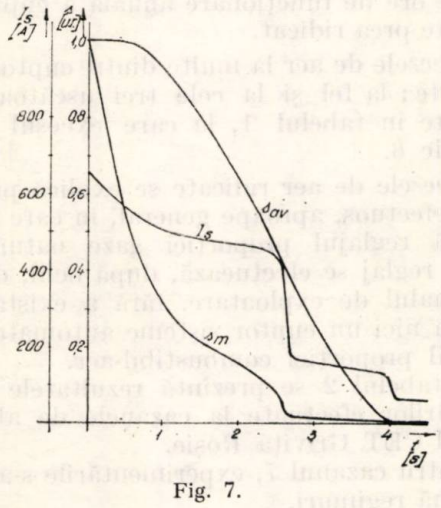


Fig. 7.

având cuplă cu alice cu următorii parametri: $M_{1c} = 1{,}5$; $M_{2c} = 0{,}5$; $M_0 = 0{,}2$; $M_f = 0{,}1$; $m_1 = 2$; $m_2 = 2$, $J_m = 70$ kg·m², $J_{av} = 100$ kg·m². În figura 8 s-a reprezentat variația mărimilor electrice și mecanice pentru cazul simulării pornirii acționării având cuplă hidraulică cu următorii parametri: $M_{1c} = M_{2c} = 3$; $M_0 = 0{,}2$; $M_f = 0{,}1$; $m_1 = 2$; $m_2 = 2$; $J_m = 40$ kgm², $J_{av} = 100$ kgm². Considerînd încălzirea adiabatică a motorului în timpul pornirii, energia dezvoltată și acumulată în motor datorită pierderilor este:

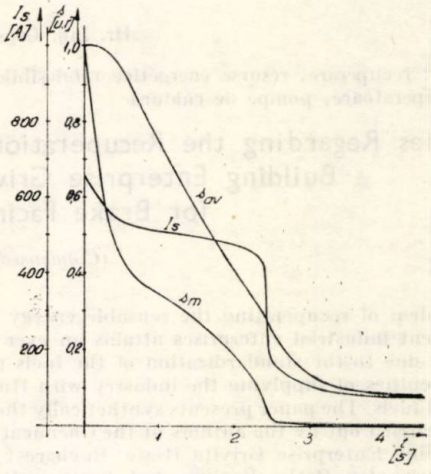


Fig. 8.

— pentru cazul reprezentat în figura 7:

total:	0,638	kWh
stator:	0,228	kWh
rotor:	0,41	kWh

— pentru cazul reprezentat în figura 8:

total:	0,579	kWh
stator:	0,207	kWh
rotor:	0,372	kWh

Concluzii

Alegerea în cadrul unei acționări a unei cuple cu alice sau hidraulice trebuie să se facă luînd în considerare caracteristicile electrice și mecanice ale tuturor elementelor din cadrul acționării. După alegerea acestora o verificare a procesului de pornire cu ajutorul simulării pe calculator poate oferi confirmarea pentru proiectarea corespunzătoare a acționării din punctul de vedere al regimului staționar și al regimului tranzitoriu de pornire.

Bibliografie

[1] Mihăileanu, C., Potlog, D. M. *Goluri de tensiune în sisteme electroenergetice.* Editura tehnică, București, 1979.

[2] Bărglăzan, A., Dobîndă, V. *Turbotransmisiile hidraulice.* Editura tehnică, 1957.

[3] Drăghici, I. și colectiv. *Calculul și construcția cuplajelor.* Editura tehnică, 1978.

(Primit la 9 iulie 1984, acceptat la 8 ianuarie 1985)

Cercetări privind recuperarea resurselor energetice refolosibile la Întreprinderea de Utilaj Chimic „Grivița Roșie" — București și Întreprinderea de Garnituri de Frînă și Etanșare — Rîmnicu-Sărat

Dr. ing. Constantin Haiduc, mat. Mioara Mirea*

Descriptori: recuperare, resurse energetice refolosibile, întreprindere, construcția de mașini, cuptoare industriale, cazane de abur, cazane recuperatoare, pompe de căldură

Studies Regarding the Recuperation of Reusable Sources at the Chemical Equipment Building Enterprise Grivița Roșie Bucharest and the Enterprise for Brake Facings and Sealings Rîmnicu Sărat

(Condensed from the paper in Romanian)

The problem of recuperating the reusable energy sources from different industrial enterprises attains an ever greater importance due to the standardization of the fuels use and to the difficulties of supplying the industry with Romanian or imported fuels. The paper presents synthetically the results of studies carried out by the authors at the Chemical Equipment Building Enterprise Grivița Roșie Bucharest and at the Enterprise for Brake Facings and Sealings Rîmnicu-Sărat.

The object of the studies carried out with the Enterprise Grivița Roșie were 16 industrial ovens and 7 steam boilers from the thermal power plant while at the Enterprise from Rîmnicu-Sărat two CR-9 steam boilers and two thermal loops for cooling calenders and compressors were studied.

The experimental results of the researches carried out at these two enterprises are given.

The heat recuperation solutions used at the Grivița Roșie Enterprise were: four recuperation fireproof tube boilers for hot water, with a vertical construction while for the seven steam boilers three recuperation economizers were used meant to preheat a part of the water from the respective thermal district heating network.

For the steam boilers CR-9 from the Enterprise in Rîmnicu-Sărat there were installed two recuperation economizers while for the calenders and compressors cooling circuits two compression heat pump units GPCF 632.2 were used built by the Tehnofrig Enterprise Cluj-Napoca.

In order to carry out the above-mentioned studies seven specialized computation programs for the digital computer IBM-360 were carried out, tested and applied.

The thermal calculations of hot water recuperation boilers and of the recuperation economizers were carried out and the energy indeces of the heat pump for variable operation regimes were performed. Technical and economic studies for the achknowledgement of heat recuperation installations have been ascertained by means of a computer.

By applying the results of the above mentioned researches with the two enterprises, a total fuel saving of about 4595 tcf/year can be obtained.

The results of these studies as well as the specialized calculations programs cover a large applications area mainly in similar machine building enterprises.

Problema recuperării resurselor energetice refolosibile din diferite întreprinderi industriale capătă o importanță tot mai mare odată cu măsurile de normare a consumurilor de combustibil și pe măsura creșterii dificultăților de aprovizionare a industriei cu combustibil din resurse interne sau din import.

În lucrarea de față se prezintă sintetic rezultatele cercetărilor efectuate de autori la I.U.C. Grivița Roșie București și I.G.F.E. Rîmnicu-Sărat.

Obiectul cercetărilor la I.U.C. Grivița Roșie l-au constituit 16 cuptoare industriale și 7 cazane de abur din cadrul CET Grivița Roșie, iar la I.G.F.E. Rîmnicu-Sărat două cazane de abur CR-9 și două rețele termice de răcire a calandrelor și compresoarelor.

Rezultatele experimentărilor efectuate pe cele 16 cuptoare industriale din cadrul I.U.C. Grivița Roșie sînt prezentate în tabelul 1.

Din acest tabel rezultă temperaturile medii ridicate ale gazelor de ardere evacuate din o serie de cuptoare de tratamente termice. Numărul de ore de funcționare anuală a cuptoarelor nu este prea ridicat.

Excesele de aer la multe dintre cuptoare sînt ridicate; la fel și la cele trei uscătoare prezentate în tabelul 1, la care excesul de aer este de 6.

Excesele de aer ridicate se explică prin modul defectuos, aproape general, în care se efectuează reglajul proporției gaze naturale-aer. Acest reglaj se efectuează, după ochi, de către personalul de exploatare, fără a exista instalate la nici un cuptor sisteme automate de reglaj al proporției combustibil-aer.

În tabelul 2 se prezintă rezultatele experimentărilor efectuate la cazanele de abur din cadrul CET Grivița Roșie.

Pentru cazanul 7, experimentările s-au făcut în două regimuri.

Din aceste rezultate se observă că temperatura gazelor de ardere evacuate la coș reprezintă pentru cazanele $1 \div 6$, 240° C, iar pentru cazanul 7, la regimul apropiat de regimul nominal de funcționare, 200° C.

Excesul de aer $\alpha = 2{,}5$ pentru cazanele 1—6 și $\alpha = 1{,}27$ pentru cazanul 7.

* Dr. ing. Constantin Haiduc — cercetător științific principal, ing. Mioara Mirea — cercetător științific la ICSITEE București.

Tabelul 1

Rezultatele experimentărilor efectuate la cuptoarele industriale din cadrul I.U.C. Grivița Roșie

Denumirea cuptorului	Numărul de inventar	Debitul mediu de gaze naturale [m^3N/h]	Temperatura gazelor de ardere la ieșire din cuptor		Numărul de ore de funcționare anuală a cuptorului [h/an]	Analiza chimică a gazelor de ardere la ieșirea din cuptor			Excesul de aer
			[°C]	[K]		CO_2 [%]	O_2 [%]	CO [%]	
Cuptor de tratamente termice	42464	27	300	573,15	1200	9,5	0	5	1,3
Cuptor de tratamente termice	42465	27	300	573,15	1200	9,5	0	5	1,3
Cuptor de tratamente termice	40534	60	350	623,15	2000	2,2	17	0	4,8
Cuptor de tratamente termice	40498	50	350	623,15	2000	2,2	17	0	4,8
Cuptor de tratamente termice	41989	165	510	783,15	2000	2,8	16	0	3,9
Cuptor de tratamente termice	40552	19	650	923,15	1200	7,2	8	0	1,55
Cuptor de tratamente termice	40537	19	650	923,15	1200	7,2	8	0	1,55
Cuptorul de tratamente termice	40546	18	650	923,15	1200	9,3	1,5	2	1,03
Cuptor de detensionare Cooperhead	42390	825	350	623,15	2500	6,5	9,25	0	1,7
Cuptor de tratamente termice	42720	400	500	773,15	1200	5,5	11	0	2
Cuptor de încălzit discuri	42397	187,5	800	1073,15	1200	5,8	10,5	0	1,9
Cuptor de tratamente termice	42436	150	600	873,15	2600	4,2	6,3	5	1,2
Cuptor de tratamente termice	40551	230,4	600	873,15	2600	4,5	6,2	5	1,2
Uscător conveier pentru miezuri	42106	66,5	130	403,15	2400	1,7	18	0	6
Uscător forme	40547	100	100	373,15	2400	1,7	18	0	6
Uscător forme	40550	88,6	100	373,15	2400	1,7	18	0	6

Rezultatele experimentărilor efectuate pe cele două cazane CR-9 din cadrul I.G.F.E. Rîmnicu-Sărat sînt prezentate în tabelul 3.

Rezultatele experimentărilor efectuate pentru determinarea parametrilor apei din rețelele termice de răcire a calandrelor și compresoarelor din cadrul I.G.F.E. Rîmnicu-Sărat sînt date în tabelul 4.

Din tabelul 3 rezultă că temperatura gazelor de ardere la coș pentru regimul nominal de funcționare, este de 240° C, respectiv 228° C.

Excesele de aer în gazele de ardere la coș, sînt de 1,41, respectiv 1,48.

După efectuarea experimentărilor menționate, pentru cuptoarele industriale din cadrul I.U.C. Grivița Roșie au fost adoptate ca soluții de recuperare a căldurii din gazele de ardere evacuate, cazane recuperatoare de apă fierbinte. Pentru adoptarea acestor soluții cuptoarele au fost grupate pe criteriul apropierii între ele și al posibilităților de amplasare. În acest mod au fost alcătuite patru grupuri de cuptoare, care fiecare este legat prin conducte de gaze de ardere, de cîte un cazan recuperator.

La stabilirea parametrilor gazelor de ardere la intrare în cazanele recuperatoare s-a ținut seama de pierderile de căldură în conducte și de eventualele creșteri ale excesului de aer. În acest mod au fost adoptate și fundamentate tehnico-economic, patru cazane recuperatoare de apă fierbinte. Pentru cazanele de abur din cadrul celor două întreprinderi au fost analizate soluții de recuperare a căldurii din gazele de ardere evacuate.

Pentru aceste cazane au fost adoptate și fundamentate tehnico-economic ca soluții de recuperare a căldurii instalarea pe traseul gazelor de ardere a unor economizoare recuperatoare destinate preîncălzirii unei părți din apa din rețelele de termoficare urbane respective.

În acest mod, temperatura gazelor de ardere, după economizoarele recuperatoare, poate fi

Tabelul 2

Tabel cu rezultatele experimentărilor la cazanele din CET Grivița Roșie

Denumirea mărimii	Simbol	Dimensiune	Cazanele 1—6	Cazanul 7	
Debitul de combustibil	D	m^3N/h	530	2850	4217
Puterea calorifică inferioară	P_{ci}	kcal/m^3N/KJ/m^3N	8440/35336,59	8440/35336,59	8440/35336,59
Temperatura combustibilului	t_c	°C/K	15/288,15	15/288,15	15/288,15
Temperatura mediului ambiant	t_1	°C/K	20/293,15	20/293,15	20/293,15
Temperatura gazelor de ardere la coș	$t_{coș}$	°C/K	240/513,15	240/513,15	200/473,15
Componența volumetrică a gazelor de ardere la coș	CO_2	%	4,3	3	9
	O_2	%	12,7	15,7	4,7
	CO	%	0	0	0
Coeficientul de exces de aer	α		2,5	3,9	1,27
Presiunea apei de alimentare	p_a	kgf/cm²/MPa	33/0,5393	33/0,5393	33/0,5393
Temperatura apei de alimentare	t_a	°C/K	105/378,15	105/372,15	105/372,15
Debitul apei de alimentare	D_a	kg/h	10500	31530	47183
Debitul apei purjate	D_p	kg/h	300	2530	2145
Presiunea aburului	p_0	kgf/cm²/MPa	31/0,5066	31/0,5066	31/0,5066
Temperatura aburului	t_0	°C/K	430/703,15	430/703,15	410/683,15
Debitul de abur	D_{ab}	kg/h	10200	29000	45038

Tabelul 3

Denumirea parametrului măsurat	U/M	Cazanul CR-9 Nr. inv. 3034	Cazanul CR-9 Nr. inv.3035
Debitul de abur	kg/h	10000	10000
Presiunea aburului	kgf/cm²/MPa	6/0,09806	6/0,09806
Temperatura aburului	°C/K	158,08/431,23	158,08/431,23
Consumul de păcură	kg/h	803/463	803/463
Temperatura păcurii	°C/K	68/341,15	68/341,15
Temperatura aerului	°C/K	27/300,15	27/300,15
Debitul apei de alimentare	kg/h	10000	10000
Temperatura apei de alimentare	°C/K	82/355,15	82/355,15
Temperatura gazelor de ardere la ieșire din cazan	°C/K	240/513,15	228/501,15
Compoziția chimică a gazelor de ardere la ieșire din cazan:			
CO_2	%	9,8	10,8
O_2	%	7	7
CO	%	1,8	0,3
Excesul de aer în gazele de ardere la ieșire din cazan	—	1,41	1,48
Nr. de ore de funcționare anuală a cazanelor	ore/an	4523	3730

Tabelul 4

Rezultatele experimentărilor efectuate în rețelele termice la I.G.F.E. Rîmnicu-Sărat

Denumirea rețelei termice	Nr. de ore de utilizare [ore/an]	Presiunea apei de răcire [kgf/cm²] MPa	Debitul de apă de răcire [t/h]		Temperatura apei deșeu [°C/K]	
			vara	iarna	vara	iarna
Rețeaua termică de răcire a calandrelor	7000	3,5/0,343	168	168	25/298,15	15/288,15
Rețeaua termică de răcire a compresoarelor	7000	3,5/0,343	72	72	25/298,15	15/288,15

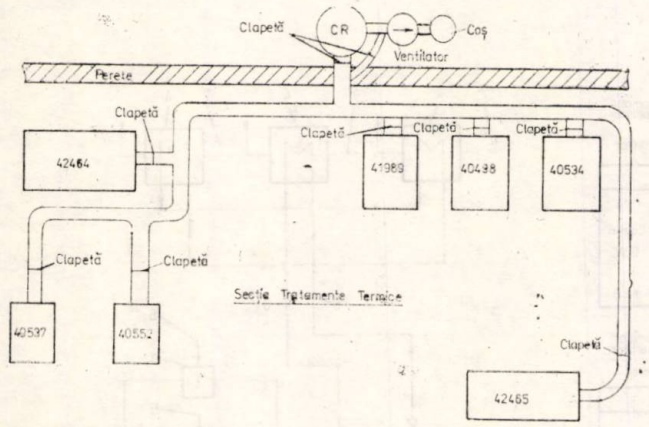


Fig. 1. Schema de amplasare a cazanului recuperator (CR) față de cuptoare și traseele conductelor de gaze de ardere. (Se dau numerele de inventar ale cuptoarelor).

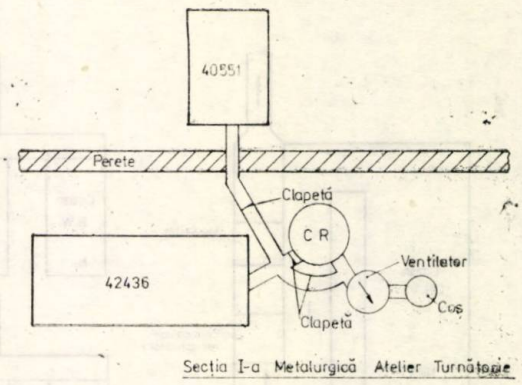


Fig. 3. Schema de amplasare a cazanului recuperator (CR) față de cuptoare și traseul conductelor de gaze de ardere.

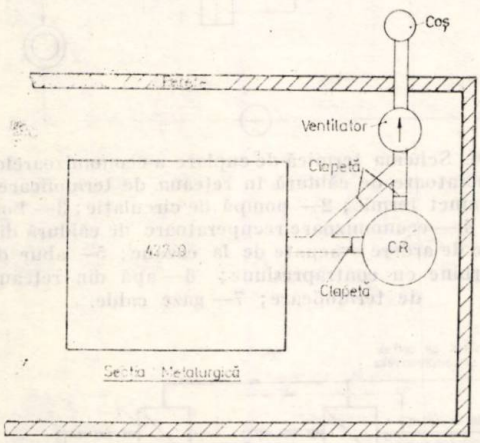


Fig. 2. Schema de amplasare a cazanului recuperator (CR) față de cuptor și traseul conductelor de gaze de ardere.

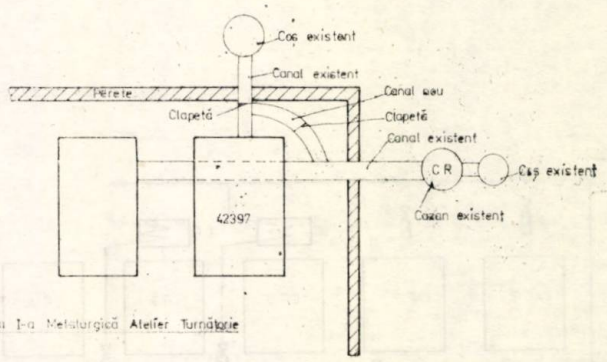


Fig. 4. Schema canalului de racordare a cuptorului (nr. inv 42397) la cazanul recuperator existent.

micșorată pînă la 130° C, în cazul utilizării drept combustibil la cazane a gazelor naturale și 180° C în cazul arderii păcurii.

Montarea economizoarelor recuperatoare la cazanele de abur este deosebit de eficientă din punct de vedere tehnico-economic. Același lucru se poate spune și despre cazanele recuperatoare montate după grupuri de cuptoare industriale. Realizarea acestor instalații se realizează integral în țară și nu necesită materiale sau aparatură de automatizare din import.

Pentru recuperarea căldurii din apa de răcire a calandrelor și compresoarelor din cadrul I.G.F.E. Rîmnicu-Sărat a fost stabilită și fundamentată tehnico-economic o instalație de recuperare a căldurii compusă din două grupuri de pompe de căldură de tipul GPCF-630·2 omologate de întreprinderea Tehnofrig Cluj-Napoca.

Aceste pompe de căldură sînt cuplate în paralel și sînt destinate să preîncălzească apa menajeră la 55° C.

În figurile 1—4 se prezintă schemele de amplasare a cazanelor recuperatoare față de cuptoarele industriale și traseele conductelor de gaze de ardere pentru I.U.C. Grivița Roșie.

În figura 5 se prezintă amplasarea economizoarelor recuperatoare în canalele de gaze arse ale cazanelor BW și CR-03 din cadrul CET Grivița Roșie.

În figura 6 se dă schema termică de cuplare a economizoarelor recuperatoare de căldură în rețeaua de termoficare a CET Grivița Roșie.

Figura 7 reprezintă schema termică a instalațiilor pentru producerea de apă fierbinte prin recuperarea căldurii din gazele de ardere evacuate de la cazanele CR-9 din cadrul I.G.F.E. Rîmnicu-Sărat.

Schema termică a instalației de preparare a apei calde menajere cu două pompe de căldură GPCF-630-2 prevăzute pentru I.G.F.E. Rîmnicu-Sărat este prezentată în figura 8.

În tabelele 5, 6, 7 și 8 se dau datele tehnice și investițiile pentru instalațiile de recuperare a căldurii din cadrul I.U.C. Grivița Roșie și I.G.F.E. Rîmnicu-Sărat.

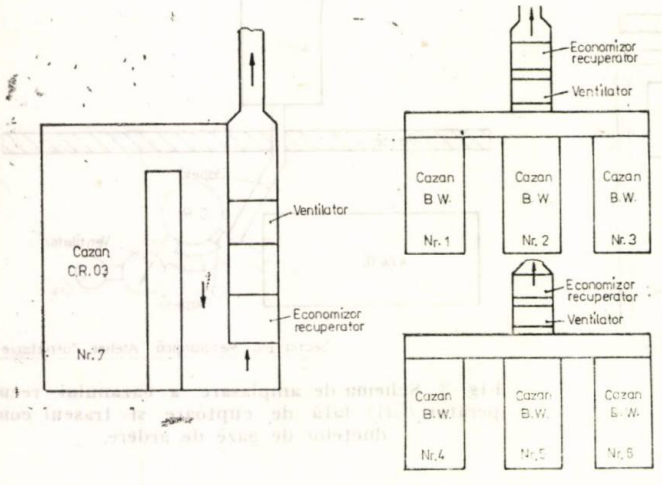


Fig. 5. Amplasarea economizoarelor recuperatoare în canalele de gaze arse ale cazanelor BW și CR 03.

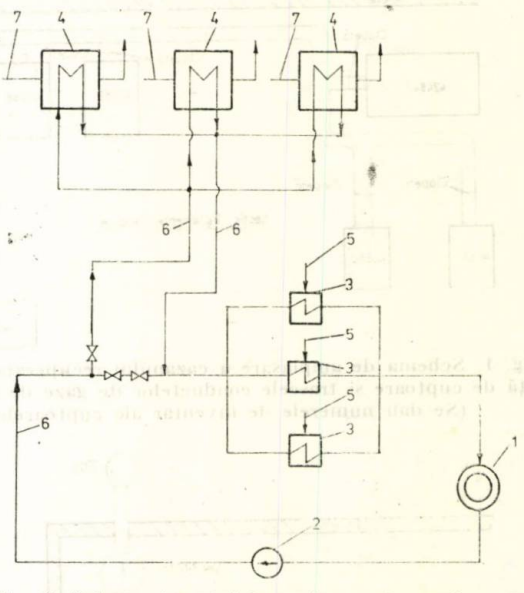


Fig. 6. Schema termică de cuplare a economizoarelor recuperatoare de căldură în rețeaua de termoficare: 1 — punct termic; 2— pompă de circulație; 3— boilere; 4 — economizoare recuperatoare de căldură din gazele de ardere evacuate de la cazane; 5— abur de la turbine cu contrapresiune; 6— apă din rețeaua de termoficare; 7— gaze calde.

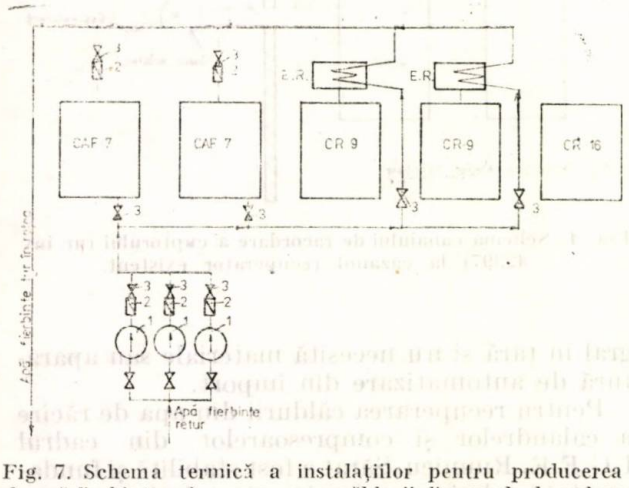


Fig. 7. Schema termică a instalațiilor pentru producerea de apă fierbinte prin recuperarea căldurii din gazele de ardere evacuate de la cazanele CR 9 :1 — pompă de circulație; ER — economizor recuperator; CAF—7—10 Gcal/h; CR—9—10 t/h; 8 kgf/cm²; 2 — supapă de reținere; 3 — robinet cu ventil.

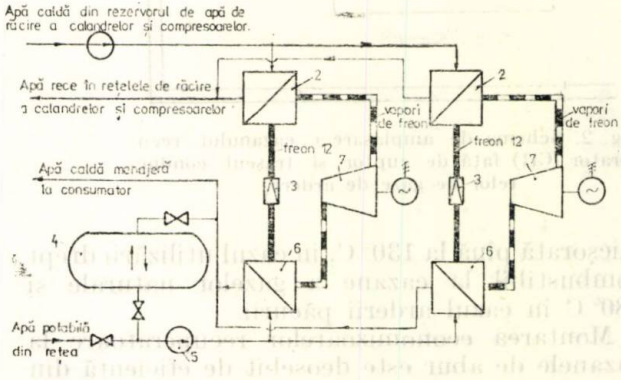


Fig. 8. Shcema termică a instalației de preparare a apei calde menajere cu două pompe de căldură GPCF-60.2 :1 —pompă de circulație; 2 — vaporizator; 3 — ventil; 4 —rezervor de acumulare; 5 — pompă; 6 — condensator; 7 — compresor.

Tabelul 5

Date tehnice și investițiile în cazanele recuperatoare de apă fierbinte destinate recuperării căldurii din gazele de ardere evacuate de la cuptoarele industriale din cadrul I.U.C. Grivița Roșie

Secția	Debitul mediu de gaze naturale consumat de cuptoare [m³N/h]	Excesul de aer	Temperatura gazelor de ardere		Temperatura apei		Suprafața de transfer de căldură a cazanului recuperator [m²]	Investițiile necesare [lei]
			la intrare în cazanul recuperator [°C]	la ieșire din cazanul recuperator [°C]	la intrare în cazanul recuperator [°C]	la ieșire din cazanul recuperator [°C]		
Tratamente termice	367	3,5	420	130	40	150	155,1	1 280 000
Metalurgică	825	2	500	130	40	150	232	1 140 000
Turnătorie	380,4	1,2	580	130	40	150	75	810 000

Tabelul 6

Date tehnice și investițiile în economizoarele recuperatoare destinate cazanelor de abur din CET Grivița Roșie

Denumirea cazanelor de abur	Debitul nominal de gaze naturale consumate de cazan [m³N/h	Excesul de aer în canalele de gaze de ardere	Temperatura gazelor de ardere în economizoarele recuperatoare		Temperatura apei în economizoarele recuperatoare		Suprafața de transfer de căldură a economizorului [m²]	Investițiile necesare [lei]
			la intrare [°C]	la ieșire [°C]	la intrare [°C]	la ieșire [°C]		
Cazan de abur Babkok Wilkoks nr. 1, 2, 3	1590	2,5	230	140	40	70	280,85	780 203
Cazan de abur Babkok Wilkoks nr. 4, 5, 6	1590	2,5	230	140	40	70	280,85	780 203
Cazan de abur CR-03	4217	1,3	190	140	40	70	91,77	349 218

Tabelul 7

Date tehnice și investițiile în economizoarele recuperatoare destinate cazanelor din cadrul I.G.F.E. Rîmnicu-Sărat

Denumirea cazanelor de abur	Debitul nominal de păcură consumat de cazan [kg/h]	Excesul de aer la ieșire din cazan	Temperatura gazelor de ardere		Temperatura apei		Suprafața de de transfer de căldură a economizorului recuperator [m²]	Investițiile necesare [lei]
			la intrare în economizorul recuperator [°C]	la ieșire din economizorul recuperator [°C]	la intrare în economizorul recuperator [°C]	la ieșire din economizorul recuperator [°C]		
Cazan CR-9	803,463	1,41	240	180	80	120	25,89	85 308
Cazan CR-9	803,463	1,48	228	180	80	120	25,6	83 357

Tabelul 8

Date tehnice și investițiile în instalațiile pompelor de căldură pentru două rețele termice de răcire a calandrelor și compresoarelor din cadrul I.G.F.E. Rîmnicu Sărat

Denumirea rețelei termice	Număr de ore de utilizare [ore/an]	Debitul de apă de răcire [t/h]		Temperatura apei de răcire [°C]		Tipul pompelor de căldură adoptate	Temperatura apei calde menajere după pompa de căldură [°C]	Investițiile în pompele de căldură [lei]
		vara	iarna	vara	iarna			
Rețeaua termică de răcire a calandrelor	7000	168	168	25	15	CGCF-630.2	55	4 800 000
Rețeaua termică de răcire a compresoarelor	7000	72	72	25	15			

Pentru efectuarea cercetărilor menţionate mai sus au fost elaborate, testate şi utilizate următoarele programe specializate de calcul pentru calculatorul IBM-360 :

1. Programele pentru determinarea elementelor specifice gazelor de ardere şi căldurii specifice a gazelor de ardere provenite din arderea gazelor naturale şi a păcurii.
2. Programul pentru determinarea debitului resursei energetice recuperabile formată din căldura gazelor de ardere evacuate din agregate tehnologice.
3. Programul pentru calculul termic al cazanelor recuperatoare de apă fierbinte.
4. Programul pentru determinarea eficienţei tehnico-economice a recuperării resurselor energetice cu ajutorul cazanelor recuperatoare.
5. Programul pentru calculul termic al economizoarelor recuperatoare destinate cazanelor de abur.
6. Programul pentru determinarea indicatorilor energetici de funcţionare a instalaţiilor pompelor de căldură.
7. Programul de calcul pentru fundamentarea tehnico-economică a adoptării instalaţiilor pompelor de căldură pentru recuperarea căldurii din apa de răcire de potenţial termic scăzut.

În cadrul cercetărilor au fost efectuate pe calculator calculele termice ale cazanelor recuperatoare de apă fierbinte, ale economizoarelor recuperatoare pentru cazanele de abur menţionate mai sus, precum şi indicatorii energetici ai pompelor de căldură pentru regimuri variabile de funcţionare a acestora.

În concluzie, se poate arăta că prin aplicarea rezultatelor cercetărilor la cele două întreprinderi menţionate se poate obţine o economie totală de combustibil de 4 595 t c.c/an.

Rezultatele acestor cercetări, precum şi programele specializate de calcul elaborate pentru calculatorul electronic IBM-360, au un domeniu larg de aplicabilitate, în special în întreprinderi similare constructoare de maşini.

(Primit la 18 octombrie 1984, acceptat la 3 aprilie 1985)

Conducerea şi automatica SE

Determinarea experimentală a elementelor necesare stabilirii tranşelor de DASf la consumator în cazul trecerii în regim insular al platformelor energetice

Ing. Gheorghe Georgescu, ing. Dan Mihăilescu, ing. Ion Renţea*

Introducere

Pentru reducerea consecinţelor economice în cazul apariţiei unor avarii grave de sistem, politica energetică actuală adoptată în SEN prevede insularizarea platformelor energetice sau a unor zone cu unităţi producătoare şi consumatoare. Reuşita menţinerii în funcţiune a acestora este condiţionată de existenţa unor tranşe de DASf, al căror scop este realizarea echilibrului producţie-consum în limitele admisibile de variaţie ale frecvenţei la separarea de sistem cu deficit de putere.

Stabilirea numărului acestor tranşe şi puterea sacrificată în urma acţionării lor, constituie o acţiune de importanţă majoră, avînd în vedere scopul micşorării daunelor la consumator provocate de o avarie gravă în SEN.

Pentru determinarea tranşelor de DASf este necesară recunoaşterea, cît mai exactă, a următoarelor elemente :

— curbele clasate ale excedentului sau deficitului de putere ;
— constanta de inerţie a ansamblului producător-consumator ;
— coeficientul de reglaj al sarcinii la variaţia frecvenţei ;
— ecartul între valoarea frecvenţei de acţionare a instalaţiei de separare de sistem şi valoarea frecvenţei de izolare a generatoarelor pe consumul serviciilor proprii ;
— calitatea releelor de frecvenţă folosite ;
— modul de intercondiţionare al proceselor tehnologice la consumator.

Pentru determinarea acestor elemente, în articol se prezintă o metodă experimentală cu grad redus de dificultate, care oferă precizie corespunzătoare, metodă care se bazează pe rezultatele obţinute de ICEMENERG la probele de insularizare efectuate pe diferite platforme industriale.

* Ing. Gheorghe Georgescu, ing. Dan Mihăilescu — cercetători ştiinţifici principali, ing. Ion Renţea — cercetător ştiinţific la ICEMENERG-Bucureşti

1. Determinarea experimentală a parametrilor caracteristici ai unei insule date

Parametrii caracteristici ai unei insule date se deduc din analiza rezultatelor experimentale în urma efectuării unei probe de separare de sistem a acesteia cu deficit de putere, în condiția inexistenței unei rezerve turnante de putere (ventilele de reglaj ale turbinei fiind deschise la maxim) și în contextul funcționării corecte a regulatoarelor de tensiune.

Acești parametri sînt următorii:

— constanta de inerție a ansamblului producător-consumator;

— coeficientul de reglaj al sarcinii la variația frecvenței.

Pentru determinarea acestora se oscilografiază variația frecvenței pe parcursul regimului tranzitoriu ulterior separării de sistem a platformei. De asemenea se măsoară cu aparate de clasă înainte de apariția perturbației și în regimul final stabilizat următoarele mărimi:

— frecvența insulei;

— puterea activă și reactivă consumată;

— tensiunea pe bare.

În urma prelucrării datelor experimentale se trasează curba de variația a frecvenței pe parcursul regimului tranzitoriu. Această curbă de variație este corect modelată de o ecuație exponențială de forma:

$$f(t) = f_{in} - \Delta f(1 - e^{-t/T_f}),$$

unde:

f_{in} reprezintă frecvența inițială în momentul separării insulei de sistem;

$\Delta f = f_{in} - f_{st}$ — ecartul de frecvență;

f_{st} — frecvența stabilizată, respectiv valoarea finală către care ar tinde asimptotic frecvența deficitului de putere existent la probă;

T_f — constanta de timp a fenomenului, corespunzătoare deficitului de putere existent la probă.

Determinarea constantei de timp a fenomenului T_f și a frecvenței stabilizate f_{st} se poate face grafic sau analitic.

a. Determinarea grafică. La probele de separare de sistem a unei platforme deficitare ca putere, din motive de siguranță a mașinilor, se prevede existența în insulă a unei tranșe de DASf care sacrifică o putere comparabilă cu valoarea dificitului. Valoarea frecvenței de acționare a DASf este, de regulă, reglată la 46,5 Hz. Modul de variație a frecvenței în insulă după apariția perturbației este redat în diagrama din figura 1 (cazul platformei Govora).

În vederea determinării parametrilor susmenționați se prelungește curba de variație a frecvenței pînă la obținerea unei frecvențe stabilizate (vezi fig. 1).

În coordonate semilogaritmice se trasează $\Delta f(t) = f_{exp} - f_{st}$, obținîndu-se valoarea Δf_{max}, f_{exp} fiind valoarea frecvenței de pe curba obținută experimental.

Valoarea constantei de timp a fenomenului T_f se determină ducînd o paralelă la axa absciselor la $\frac{1}{e}\Delta f_{max} = 0{,}368\ \Delta f_{max}$.

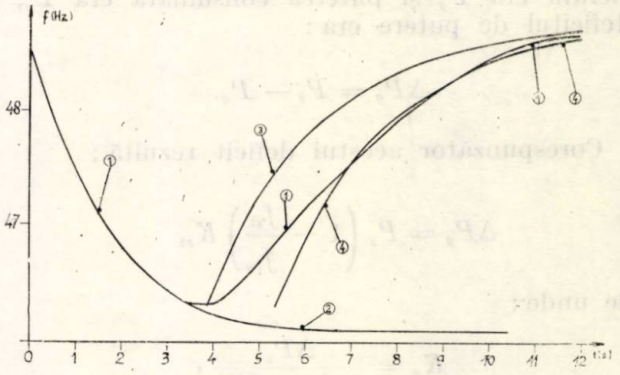


Fig. 1. Variația frecvenței în insulă la separarea de sistem cu deficit de putere (platforma Govora): 1 — curbă experimentală; 3,4 — curbe calculate.

b. Determinarea analitică. Pornind de la curba de variație a frecvenței obținută experimental și acceptîndu-se că aceasta este corect modelată de ecuația experimentală $f(t) = f_{in} - \Delta f(1 - e^{-t/T_f})$ pentru două valori ale timpului se obține:

$$t = t_1 \quad f_1 = f_{in} - \Delta f(1 - e^{-t_1/T_f}),$$

$$t = t_2 \quad f_2 = f_{in} - \Delta f(1 - e^{-t_2/T_f}).$$

Făcînd raportul celor două expresii rezultă:

$$k = \frac{f_2 - f_{in}}{f_1 - f_{in}} = \frac{1 - e^{-t_1/T_f}}{1 - e^{-t_2/T_f}},$$

de unde:

$$k - k\,e^{-t_1/T_f} - 1 + e^{-t_2/T_f} = 0.$$

Dacă se consideră $t_2 = 2t_1$ rezultă

$$e^{-2t_1/T_f} - ke^{-t_1/T_f} + k - 1 = 0.$$

Rezolvînd ecuația exponențială se obține soluția:

$$x = k - 1,$$

de unde:

$$T_f = -\frac{t_1}{\ln x};$$

$$\Delta f = \frac{f_{in} - f_1}{1 - e^{-t_1/T_f}}.$$

Valoarea frecvenței stabilizate pentru deficitul existent la probă va fi:

$$f_{st} = f_{in} - \Delta f.$$

1.1. Determinarea coeficientului de reglaj al sarcinii la variația frecvenței

Dacă ulterior separării de sistem puterea generată era P_g și puterea consumată era P_s, deficitul de putere era:

$$\Delta P_g = P_s - P_g.$$

Corespunzător acestui deficit rezultă:

$$\Delta P_g = P_s \left(1 - \frac{f_{st}}{f_{in}}\right) K_s,$$

de unde:

$$K_s = \frac{\Delta P_g}{P_s \left(1 - \frac{f_{st}}{f_{in}}\right)},$$

în care:

K_s este coeficientul de reglaj al sarcinii la variația frecvenței;

f_{st} — valoarea frecvenței stabilizate, determinată în urma interpretării rezultatelor experimentale.

1.2. Determinarea constantei de inerție a ansamblului producător-consumator T_j

Cunoscîndu-se valoarea coeficientului de reglaj al sarcinii la variația frecvenței K_s și constanta de timp a fenomenului T_f, se obține:

$$T_j = K_s T_f.$$

În cazul că nu există tranșee de sacrificiu, pentru orice deficite de calcul alese, cunoscîndu-se K_s și T_f se pot trasa diagramele de variație a frecvenței după separarea de sistem a unei insule.

1.3. Determinarea frecvenței stabilizate după acționarea unei tranșe DASf de o valoare dată

Noua frecvență de stabilizare se determină din relația:

$$f_{st} = \frac{P_{DASf} - \Delta P_g + K_s(P_s - P_{DASf})}{K_s(P_s - P_{DASf})} f_{in}.$$

Cunoscîndu-se valoarea frecvenței stabilizate se poate determina ecartul de frecvență:

$$\Delta f = f_{act.DASf} - f_{st}.$$

Constanta de timp a fenomenului T_f este o mărime care variază odată cu acționarea fiecărei tranșe de DASf. Notînd cu P_{DASf} puterea care se sacrifică, T_f se va calcula cu relația:

$$T_{fi} = \frac{T_j}{K_s\left(1 - \sum_{i=1}^{n} \frac{P_{DASf}}{P_s}\right)}.$$

Se poate acum trasa variația frecvenței după acționarea unei tranșe de DASf, conform ecuației:

$$f(t) = f_{act.DASf} - \Delta f\,(1 - e^{-t/T_f}).$$

În cazul unei succesiuni de acționare a tranșelor de DASf, valoarea frecvenței stabilizate se determină ca mai sus, frecvența inițială fiind frecvența la care se separă de sistem platforma respectivă.

Pentru fiecare interval delimitat de valorile frecvențelor de acționare ale tranșelor de DASf, după determinarea constantei de timp a fenomenului T_f, se vor putea trasa variațiile în timp ale frecvenței insulei.

În cele ce urmează vom aplica metoda expusă la un caz concret, și anume la platforma energetică Govora.

2. Calculul parametrilor pentru platforma energetică Govora

Curba de variație a frecvenței în insulă după separarea de sistem a platformei (vezi fig. 1) a fost obținută în urma probelor pe viu efectuate de ICEMENERG.

Înaintea începerii probei, mărimile de stare aveau următoarele valori:

— frecvența inițială: $f_{in} = 48{,}5$ Hz;

— puterea consumată în insulă: $P_s = 176{,}3$ MW;

— valoarea deficitului cerut prin probă: $\Delta P_g = 48$ MW;

— valoarea și reglajul tranșei de DASf: $P_{DASf} = 51$ MW, $f_{act\,DASf} = 46{,}5$ Hz, $t = 0$ s. Frecvența în momentul declanșării tranșei a fost 46,33 Hz;

— frecvența stabilizată la sfîrșitul probei: $f = 48{,}66$ Hz.

2.1. Determinarea experimentală a parametrilor insulei

2.1.1. Determinarea constantei de timp a fenomenului T_f și a frecvenței stabilizate corespunzătoare deficitului existent la probă

a. Metoda grafică. Prelungind ramura descendentă a curbei de variație a frecvenței în insulă (vezi fig. 1, curba 2) se determină frecvența stabilizată corespunzătoare deficitului de 48 MW. Rezultă $f_{st} = 46{,}1$ Hz.

În coordonate semilogaritmice se trasează $\Delta f(t) = f_{exp} - f_{st}$. Se obține valoarea $\Delta f_{max} = 2{,}4$ Hz.

Valoarea constantei de timp a fenomenului rezultă conform celor expuse la punctul 1 (fig. 2).

$$T_f = 1{,}7 \text{ s}.$$

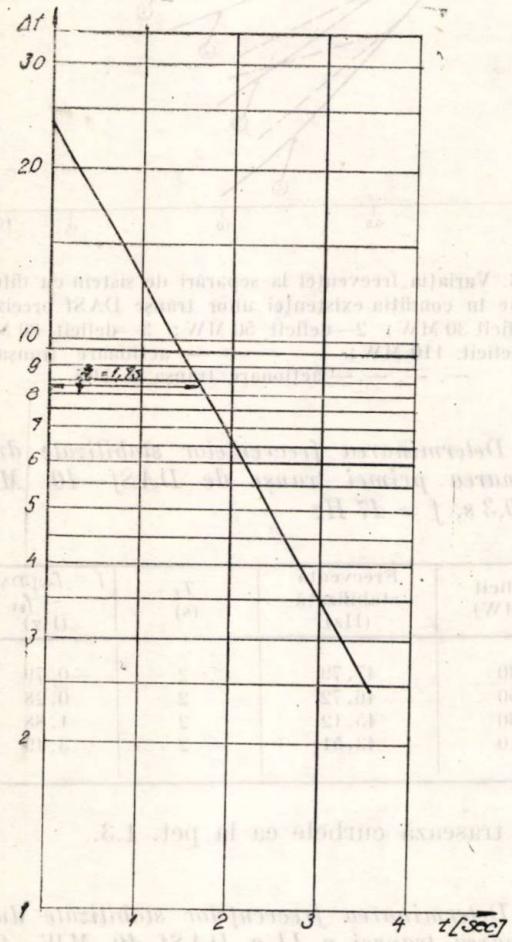


Fig. 2. Determinarea grafică a constantei de timp a fenomenului (platforma Govora).

b. Metoda analitică. Alegînd două puncte de pe curbă, rezultă pentru:

$$t_1 = 1{,}9 \text{ s}; \quad f_1 = 46{,}84 \text{ Hz};$$
$$t_2 = 3{,}8 \text{ s}; \quad f_2 = 46{,}33 \text{ Hz}.$$

$$k = \frac{f_{in} - f_2}{f_{in} - f_1} = 1{,}307;$$

$$x = k - 1 = 0{,}307;$$

$$T_f = -\frac{t_1}{\ln x} = 1{,}608 \text{ s};$$

$$\Delta f = \frac{f_{in} - f_1}{1 - e^{-t_1/T_f}} = 2{,}42 \text{ Hz};$$

$$f_{st} = 48{,}5 - 2{,}42 = 46{,}08 \text{ Hz}.$$

2.1.2. Determinarea coeficientului de reglaj al sarcinii la variația frecvenței

$$K_s = \frac{\Delta P_g}{P_c\left(1 - \frac{f_{st}}{f_{in}}\right)} = \frac{48}{176{,}3\left(1 - \frac{46{,}08}{48{,}5}\right)} = 5{,}52.$$

2.1.3. Determinarea constantei de inerție a ansamblului producător-consumator T_j

$$T_j = K_s T_f = 5{,}52 \cdot 1{,}608 = 8{,}87 \text{ s}.$$

2.1.4. Determinarea frecvenței stabilizate după acționarea tranșei DASf cu valoarea de 51 MW — verificare

După cum s-a precizat, valoarea frecvenței insulei la sfîrșitul probei experimentale a fost 48,66 Hz. Determinînd prin calcul frecvența stabilizată după acționarea tranșei de DASf de 51 MW, conform celor expuse la pct. 1.3. se obține:

$$f_{st} = 48{,}71 \text{ Hz};$$

$$\Delta f_1 = 2{,}38 \text{ Hz}.$$

Constanta de timp a fenomenului pe ecartul de frecvență Δf_1 va avea valoarea $T_{f_1} = 2{,}26$ s.

Se poate acum trasa curba de revenire a frecvenței în insulă, conform modelării cu ecuația exponențială:

$$f(t) = f_{\text{acț.DASf}} - \Delta f\,(1 - e^{-t/T_{f_1}}).$$

Studiindu-se comparativ alurile curbelor de revenire ale frecvenței (vezi fig. 1) obținute experimental (curba 1) și respectiv prin calcul (curba 3) se constată că determinarea prin calcul introduce o eroare maximă la aceeași valoare a timpului de 0,7 Hz.

Această eroare se explică prin faptul că nu se ține seama de temporizările cu care intră în funcțiune elemente din reglajul de viteză, precum și de inerțiile acestora.

Pentru reducerea erorilor, curba de revenire a frecvenței determinată ca mai sus se poate corecta în două moduri:

— luînd în considerație o întîrziere constantă, după care curba se trasează în conformitate cu ecuația amintită (vezi curba 4);

— ecuația se completează cu un termen care ține seama de inerția echipamentului de reglaj al vitezei grupurilor.

Din probele efectuate de ICEMENERG pe diferite platforme, a rezultat că pentru prima

variantă întîrzierea este de circa 1—2 s, iar pentru varianta a doua relația de calcul capătă forma :

$$f(t) = f_{\text{acț.DASf}} - \Delta f_1(1 - e^{-t/Tf_1})(1 - k\,e^{-t/Tf_2}),$$

unde :

T_{f_2} este constanta de timp introdusă de sistemul de reglaj termomecanic;
k — factor de proporționalitate.

3. Trasarea curbelor de variație a frecvenței pentru separări de sistem ale platformei Govora cu diferite deficite, în condiția existenței unor tranșe de DASf precizate

3.1. Date de calcul

— frecvența de separare a platformei : 47,5 Hz ;
— timpul de acționare al automaticii de separare, $t = 0{,}3$ s ;
— viteza de scădere a frecvenței sistemului în momentul premergător separării : 0,8 Hz/s ;
— puterea consumată pe platformă, $P_s = 200$ MW ;
— existența în insulă a trei tranșe de DASf de 40 MW cu demarare după criteriul frecvenței ;
— frecvențele de demarare a tranșelor de DASf : 47 ; 46,8 ; 46,6 Hz ;
— timpul comun de acționare a tranșelor DASf : 0,3 s ;
— deficitele de calcul alese : 30, 50, 80, 110 MW ;
— parametrii caracteristici ai insulei determinați experimental :

$$K_s = 5{,}52\,;$$

$$T_j = 8{,}87\ \text{s}\,;$$

— valoarea frecvenței inițiale cu considerarea vitezei de variație a frecvenței sistemului și a timpului de acționare a automaticii de separare

$$f_{in} = 47{,}26\ \text{Hz}.$$

3.2. Determinarea frecvențelor stabilizate pentru separări ale platformei cu deficite cunoscute

Deficit (MW)	Frecvență stabilizată (Hz)	$\Delta f = f_{in} - f_{st}$ (Hz)
50	45,97	1,29
50	45,12	2,14
80	43,83	3,43
110	42,55	4,71

Curbele se trasează conform ecuației :

$$f(t) = f_{in} - \Delta f(1 - e^{-t/T_f}),\ \text{cu}\ T_f = 1{,}608\ \text{s},$$

(vezi pct. 1). Curbele sînt redate în figura 3.

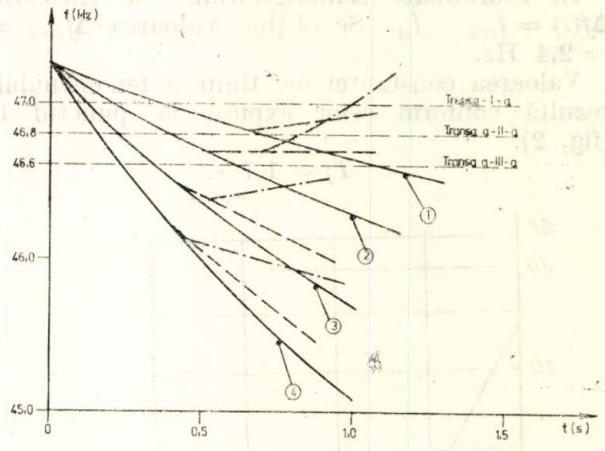


Fig. 3. Variația frecvenței la separări de sistem cu diferite deficite în condiția existenței unor tranșe DASf precizate. 1—deficit 30 MW ; 2—deficit 50 MW ; 3—deficit 80 MW ; 4 — deficit 110 MW ; — — — — acționare tranșa I ; —. —. —. — acționare tranșa a II-a.

3.3. Determinarea frecvențelor stabilizate după acționarea primei tranșe de DASf—40 MW, $t = 0{,}3$ s, $f = 47$ Hz

Deficit (MW)	Frecvența stabilizată (Hz)	T_f (s)	$f = f_{\text{acț.DASf}} - f_{st}$ (Hz)
30	47,79	2	—0,79
50	46,72	2	0,28
80	45,12	2	1,88
110	43,51	2	3,49

Se trasează curbele ca la pct. 1.3.

3.4. Determinarea frecvențelor stabilizate după acționarea tranșei a II-a DASf 40 MW, $f = 46{,}8$ Hz, $t = 0{,}3$ s

După cum se observă din figura 3 în cazul separării platformei cu un deficit de 30 MW, urmată de acționarea primei tranșe de DASf, tranșa a II-a nu va mai avea condiții de acționare.

După acționarea tranșei I noile deficite vor fi următoarele: 10, 40, 70 MW.

Se calculează pentru acestea noile frecvențe stabilizate și constante de timp.

Deficit (MW)	Frecvența stabilizată (Hz)	T_f (s)	$f = f_{\text{acț DASf}_2} - f_{st_2}$ (Hz)
10	49,4	2,67	—2,6
40	47,26	2,67	—0,46
70	45,12	2,67	—1,68

Se trasează curbele ca la pct. 1.3.

Concluzii

Cu ajutorul metodei prezentate în articol determinarea treptelor DASf se face prin calcul pornind de la parametrii caracteristici ai insulei determinați experimental.

Cunoașterea exactă a acestor parametri condiționează hotărîtor alegerea corectă a treptelor de sacrificiu.

Bibliografie

[1] * * * *Metodiceskie ukazania po avtomaticeskoi ceastotuoi razgruzke.* Moscova, 1972.

[2] Iofiev, B. I. *Comanda automată în caz de avarie a sistemelor electroenergetice.* Ed. tehnică, 1979.

[3] Mihăilescu, D., Rențea, I. *Aspecte privind posibilitatea funcționării insulare a platformei energetice Rm. Vîlcea.* In : Energetica, 28, 1980, nr. 8, pag. 318—327.

(Primit la 3 mai 1984, acceptat la 5 aprilie 1985)

Centrale hidroelectrice

Studiul betoanelor hidrotehnice pentru amenajările hidroenergetice realizate pe rîul Olt

Dr. ing. Dumitru Tatu, ing. Xenofon Trandafir *

1. Studiul materialelor componente. Volume de lucrări

Pentru construcțiile cascadei de hidrocentrale de pe rîul Olt, rezultă ca necesar, conform proiectelor, un volum total de beton de peste 4 milioane m^3, din care circa jumătate a fost pus în lucrare. În tabelele 1, 2 și 3 sînt menționate volumele de lucrări pentru fiecare amenajare în parte.

Pe cursul rîului Olt vor fi construite în total 25 de hidrocentrale cu o putere totală instalată de peste 1 000 MW; dintre acestea 13 hidrocentrale cu o putere însumînd 556 MW sînt date în exploatare. În figura 1 este prezentată schema de amenajare hidroelectrică a rîului Olt.

Cercetările de laborator efectuate în laboratorul de betoane ISPH și INCERC au urmărit obținerea unor betoane corespunzătoare sub aspect tehnic și economic, ținînd seama de importanța lucrărilor, de dotarea șantierelor cu utilaje pentru spălarea și sortarea agregatelor, pentru pregătirea amestecului de beton și pentru punerea în lucrare a betonului.

Ținînd seama de condițiile tehnice stabilite pe baza unor tematici și a unei metodologii puse de acord pentru fiecare amenajare în parte, s-au întreprins o serie de cercetări ample și detaliate, cu privire la sursele locale capabile să asigure agregate corespunzătoare calitativ, și în final la compoziția betonului.

Se analizează caracteristicile materialelor componente, avînd în vedere condițiile specifice de calitate impuse acestora pentru a putea fi folosite la prepararea betoanelor hidrotehnice. Se prezintă cercetările privind stabilirea compozițiilor betoanelor.

1.1. Agregate

Studiile pentru precizarea surselor de agregate ce urmează a fi folosite în betoanele amenajărilor hidroenergetice de pe rîul Olt au început în anul 1967 și au privit balastierele din apropierea amplasamentelor și din zona excavațiilor utile.

Analizînd rezultatele cercetărilor de laborator se constată că, în general, agregatele grosiere din albia rîului Olt în zonele studiate sînt rezistente și prezintă indici fizico-mecanici superiori, care se încadrează în prevederile normelor în vigoare pentru toate tipurile de betoane.

Rezultatele analizei petrografice sînt date în tabelul 4.

Cercetările pentru identificarea reacției alcalii—agregate au arătat că proporția de sub 1% silicolite și porfirite nu este periculoasă. Ca impurități în nisip existau levigabil și argilă, care au putut fi menținute în limitele prescrise de norme prin spălare.

În zona analizată (Călimănești — Slatina) piatra are dimensiunea maximă de circa 120 mm

* Dr. ing. Dumitru Tatu cercetător științific principal la INCERC-București, ing. Xenofon Trandafir — proiectant principal la ISPH-București

Tabelul 1

Caracteristicile constructive şi volume de lucrări de la baraje

Denumirea UHE	Tipul deversorului	Număr deschideri şi dimensiuni (m)	Cotă creastă deversor (mdMB)	Debit de evacuare (m^3/s)	Excavaţii (m^3)	Umpluturi (m^3)	Betoane (m^3)	Perec (m^3)	Etanşări pereţi continuu (m)	Etanşare gel beton (m)	Armătură (tone)	din care: OB 37 (tone)	din care: PC 52 (tone)
Turnu	WES	3×2,5×15 3×5,5×15	277,00	5,350	300000	55000	130000	3000	—	—	1500	700	800
Călimăneşti	WES	5×16×10	266,00	5,360	331800	50000	103500	—	—	—	1320	520	700
Dăieşti	WES	4×16×10	251,50	5,340	545372*	53820*	79395*	79395*	—	3816*	1233*	484*	749*
Rm. Vilcea	WES	4×16×10	238,00	6,500	1235838*	169041*	122679*	17683*	—	—	2034	952*	1082*
Rîureni	WES	5×20×8	223,50	5,470	374000	560000	158000	—	—	—	1387	784	600
Govora	WES	4×20×8	205,50	5,470	184654	219890	100793	—	3235	666	1344	644	700
Băbeni	WES	5×16×10	188,00	5,950	380507	165000	135997	—	1371	—	1418	818	600
Ioneşti	WES	5×16×10	174,00	6,025	1100610	36454	111952	—	3433	—	1260	660	—
Zăvideni	WES	5×16×10	160,00	6,025	619960	418616	168118	2750	3640	—	1690	690	1010
Drăgăşani	WES	5×16×10	146,00	6,025	344750	184200	129370	23100	1710	11900	1430	430	100
Străjeşti	WES	4×16×10 (3×4×4)	130,00 123,00	6,160	276000	—	126864	—	3460	—	1898	829	1039
Arceşti	WES	4×16×10	112,00	6,160	250000	120000	130000	—	3100	—	1500	600	900
Slatina	WES	5×20×8	100,00	6,160	210000	80000	105000	—	8000	—	1100	400	700

* inclusiv canal de fugă

WES = baraj mobil cu descărcătoare de suprafaţă cu profil deversant curb fără vacuum.

cu tendinţă de scădere la circa 100 mm (70 mm) în partea dinspre aval. Conţinutul de nisp 0+7 mm variază spre aval de la 30% pînă la 40%. Avîndu-se în vedere variaţia granulozităţii nisipului şi utilajele pentru sortarea şi spălarea agregatelor din dotarea şantierului, în scopul obţinerii unor betoane de calitate şi omogene s-a impus fracţionarea nisipului la 5 mm.

În urma faptului că există tipuri de betoane cu dimensiunea maximă a granulelor de 40 mm, 70 mm şi 120 mm s-a prevăzut fracţionarea agregatelor în următoarele sorturi : 0÷5 mm; 5÷16 mm; 16÷40 mm; 40÷70 mm; 70÷120 mm. S-a prevăzut ca ciuruirea să se facă în stare umedă odată cu spălarea, în acest fel rezolvîndu-se şi problema levigabilului şi argilei.

1.2. Cimenturi

Pentru betoanele construcţiilor amenajărilor de pe riul Olt s-au utilizat următoarele tipuri de ciment :

— cimentul tip Hz 35, avînd căldura de hidratare moderată, pentru construcţiile masive ;

— cimentul tip SRA 35 cu rezistenţă superioară la agresivitate sulfatică, pentru betoanele din zonele care vin în contact cu apa agresivă ;

— ciment tip Pa 35, pentru betoanele de peree.

Pentru asigurarea durabilităţii şi realizarea condiţiilor impuse betoanelor (caracteristici mecanice, termicitate redusă etc.) cimenturile trebuiau să satisfacă principalele caracteristici prezentate în tabelul 5.

1.3. Aditivi, adaosuri

Aditivi. Aditivul folosit pentru îmbunătăţirea proprietăţilor betonului proaspăt şi a durabilităţii betonului întărit a fost aditivul tensioactiv mixt Disan [1].

Adaosuri. Introducerea în beton a unor adaosuri minerale active, cum sînt cenuşile de termocentrală prin înlocuirea unei părţi de ciment, poate avea o largă aplicare, mai ales la betoanele cărora nu li se cere o creştere rapidă a rezistenţelor.

Tabelul 2

Caracteristici constructive şi volume de lucrări la centrală + bazin liniştire + bloc de montaj

Denumirea centralei	P_i(MW)	$\left(\frac{Ep}{an}\right)$ (GWh)	Q_i(m/s)	Nr. şi tipul grupului	Excavaţii (m³)	Umpluturi (m³)	Beton	din care: simplu (m³)	din care: armat (m³)	Peree (m²)	Etanşă şi şi perete continuu	Filtre aciculare (m)	Armătură (t)	Din care: OB 37 (t)	Din care: PC 52 (t)
Turnu	70	194	330	2K	341094	66524	92281	41439	50842	—	—	—	2098	873	1225
Călimăneşti	38	106	330	2K	580285	28460	70044	39820	30224	—	—	—	1476	582	894
Dăieşti	37	107	330	2K	41215	15288	42757	5638	37119	—	—	—	1365		
Rm. Vilcea	46	134	330	2K	82700	19900	61356	9460	51896	—	—	—	2145		
Riureni	48	141	330	2K	660586	457397	75131	34551	40580	—	—	—	1864		
Govora	45	135	330	2K	450000	325000	65000						1750		
Băbeni	37	120	330	2K	125370	95000	51847			—	—	—	1408		
Ioneşti	38	125	330	2K	125370	95000	51847			—	—	—	1408		
Zăvideni	38	120	330	2K	127980	4600	55908			3223	1617	1355	1802		
Drăgăşani	43	140	330	2K	216550	48890	59220			530	1520	—	1680		
Străjeşti	50	175	330	2K	154613	6147	84551	20669	63882	—	—	—	2170	616	1554
Arceşti	38	120	330	2K	180000	145000	55000	55000					1800		
Slatina	26	80	330	2B	140000	110000	45000	45000					1400		

Tabelul 3

Caracteristicile constructive şi volume de lucrări la diguri (inclusiv lacul)

Denumirea UHE	Lungimea DMS (m)	Lungimea DMD (m)	Cotă coronament (mdMB)	Betoane (m³)	Pinten de beton (m³)	Excavaţii (m³)	Umpluturi (m³)	Etanşare perete continuu (m²)	Etanşare gel beton (m²)	Total peree (m²)	din care: 20 cm (m²)	din care: 15+10 cm (m²)	Armătură (t)	din care: OB 37 (t)	din care: PC 52 (t)
Turnu	800	400	302,00	—	—	40000	850000	12000	—	108000	—	—	450	—	450
Călimăneşti	1400	3100	280,000	—	—	38800	843300	—	13350	107300	107300	—	—	—	—
Dăieşti	1980	1200	266,15—266,50	2,367	10609	3384402	1121096	11457	5475	62810	—	—	467	323	144
Rm. Vilcea	1311,54	591,65	251,00	1,492	5045	237929	1145553	2249	9836	44319	—	—	349	349	—
Riureni	5453,11	6335,55	234,00—236,50	35000	—	250000	2800000	4500	60000	350000	—	—	1800	1500	300
Govora	672	3028,21	216,00—217,00	19484	3167	510869	1106222	—	11004	71660	—	—	450	450	—
Băbeni	3227,27 4927,54	4097,08 7420,47	200,00—203,00	36146	—	9926341	7214592	4110	74763	367106	—	—	2669	669	2200
Ioneşti	7500	6300	186,00	52219	—	5156104	3826425	5490	89272	454160	—	—	2256	456	1860
Zăvideni	7200	9800	172,50—175,00	10000	7250	4875000	4875000	—	53570	665600	321700	343900	1716	100	1,616
Drăgăşani	8400	11200	158,50—160,50	—	9650	6231550	5506950	—	82370	844050	380775	463275	167	167	—
Străjeşti	4010	17630	143,00	—	13890	—	8283840	—	97584	929737	463600	466137	494	494	—
Arceşti	2800 6159	10410	125,00—126,00	101800	7400	—	6683000	37300	34300	532000	440000	92000	3435	—	—
Slatina	6600	9058,50	111,00—112,00	39240	6740	—	2250000	14660	—	216900	115000	101900	1740	—	—

NOTĂ. În volumele de lucrări nu au fost prinse contracanalele la unele UHE-uri.

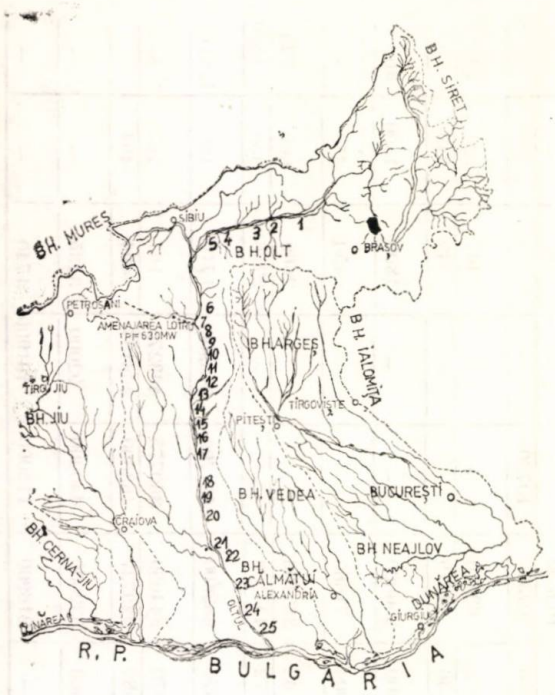


Fig. 1. Proiectul hidrotehnic Olt.

Cenuşa de centrală termoelectrică utilizată în studiul betoanelor hidrotehnice provenită de la CET Işalniţa a îndeplinit condiţiile de calitate prevăzute în STAS 8819/1—80 (tabelul 6). De asemenea, la utilizarea cenuşii au fost respectate prevederile din [2].

2. Caracteristicile betoanelor, probleme termice ale betonului, condiţii tehnice şi tehnologice adoptate

Problema materialelor de construcţie pentru amenajările hidroenergetice de pe rîul Olt a suscitat cercetări care în final să permită obţinerea de betoane adecvate din punct de vedere tehnic şi economic, utilizînd sursele locale de agregate şi dozaje minime admisibile de ciment.

În cele ce urmează se vor prezenta cercetările privind stabilirea compoziţiilor adecvate condiţiilor specifice pentru principalele tipuri de betoane hidrotehnice. Se evidenţiază pro-

Olt superior								
Nr. crt.	Centrala	NHR, m	Ho, m	Pi, MW	E, GWh	Vol. mil. m³ TOT	Vol. mil. m³ NHR
1	Făgăraş	441	16	28	50	415	265
2	Voila	425	10	18	32	91	61
3	Viştea	415	10	18	33	51	35
4	Scoreiu	405	15	26	56	88	62
5	Avrig	390	14	24	47	70	57
6	Cornetu	376	64	310	261	1027	820
7	G. Lotrului	312	12	26	56	13	10
Total		—	141	450	535	1755	1310

Olt mijlociu							
Nr. crt.	Centrala	NHR, m	Ho, m	Pi, MW	E, GWh	Vol. mil. m³ TOT	Vol. mil. m³ NHR
8	Turnu	300	24	70	194	18	13
9	Călimăneşti	276	15	38	106	5	5
10	Dăeşti	261	13	36	107	17	12
11	Rm. Vîlcea	248	16^5	45	134	24	19
12	Riureni	231^5	18	47	141	6	6
13	Govora	213^5	15^5	43	135	30	20
14	Băbeni	198	14	38	124	80	70
15	Ioneşti	184	14	38	125	40	30
18	Zăvideni	170	14	38	124	60	40
17	Drăgăşani	156	16	43	140	80	60
18	Străjeşti	140	18	50	170	260	200
19	Troeşti	122	14	38	120	60	45
20	Slatina	108	10	26	80	20	20
Total		—	202	550	1700	700	540

Olt inferior							
Nr. crt.	Centrala	NHR, m	Ho, m	Pi, MW	E, GWh	Vol. mil. m³ TOT	Vol. mil. m³ NHR
21	Ipoteşti	98	13^5	53	92	150	110
22	Drăgăneşti	84^5	13^5	53	98	98	76
23	Frunzaru	77	13^5	53	104	120	96
24	Rusăneşti	57^5	13^5	53	106	100	78
25	Isbiceni	44	14	53	110	97	75
Total		—	68	265	510	565	435

Tipurile petrografice principale din aluviunil grosiere (∅> 7 mm) din bazinul Oltului între Călimăneşti şi Slatina *Tabelul 4*

Localitate	Roci metamorfice				Roci eruptive						Roci sedimentare					Total		
	Şisturi sericito-cloritoase	Micaşisturi	Gnaise şistoase micacee	Roci şistoase amfibolice	Cuarţite	Granitoide	Pegmatite	Andezite şi diabaze	Porfirite silicifiate	Silicolite	Arcoze metamorfozate	Gresii cuarţitice	Gresii calcaroase	Calcare	Tuf	Roci cristaline şistoase	Roci masive (cuarţite+eruptive)	Roci sedimentare
Călimăneşti	46,0	—	54,0	17,7	40,0	11,5	1,5	—	0,3	—	—	0,2	5,9	0,3	—	75,3	17,3	,
Jiblea Nouă	1,7	—	50,5	20,1	6,5	15,5	2,4	—	0,2	0,2	—	—	2,2	0,6	—	72,3	24,9	3
Olteni	2,2	—	39,5	25,0	8,0	19,0	4,6	—	0,3	0,1	—	0,2	0,7	0,4	—	66,7	31,9	1
Rîureni	9,0	—	35,8	15,0	13,5	17,5	7,0	—	0,2	0,4	—	0,2	0,7	0,5	0,2	59,8	38,2	2
Galicea	22,0	—	36,8	4,2	30,6	16,4	1,7	—	1,2	2,2	—	4,6	0,1	—	—	43,2	49,9	6
Ioneşti	1,9	—	39,0	11,8	13,5	25,5	4,2	—	1,8	0,4	—	1,6	0,1	0,2	—	52,7	45,0	2
Zăvideni	1,4	—	35,5	4,0	22,6	25,3	4,4	0,2	1,2	1,3	—	3,1	—	—	—	40,9	54,7	4
Drăgăşani	1,5	—	35,4	5,2	21,3	29,0	4,2	—	1,1	0,5	—	1,8	—	—	—	42,1	55,6	2
Strejeşti	0,9	—	37,9	6,3	23,7	22,0	3,6	0,1	32,0	0,7	—	1,6	—	—	—	45,1	52,6	2
Slatina	32,0	—	36,9	4,1	23,2	21,9	5,2	0,9	1,2	1,5	—	1,8	—	0,1	—	44,2	52,4	34

Caracteristicile principale ale cimenturilor utilizate — *Tabelul 5*

Denumirea caracteristicii	UM	Limita prescrisă		
		Ciment Hz 35	Ciment SRA 35	Ciment Pa 35
Compoziție mineralogică :				
— aluminat tricalcic (C_3A)	%	maximum 6	maximum 4	—
— silicat tricalcic (C_3S)	%	—	maximum 55	—
— suma (C_3A+C_4AF) sau ($C_2F + C_4AF$)	%	—	22	—
Adaosuri minerale active introduse :				
— natura adaosului	—	zgură granulată de furnal	zgură granulată de furnal sau tras	zgură sau/și cenușă sau/și calcar
— conținut	%	maximum 15	maximum 15	maximum 15 din care calcar maximum 5
Finețe de măcinare exprimată prin suprafața specifică	cm^2/g	minimum 2 500	minimum 3 000	minimum 2 500
Rezistența la compresiune la 28 zile	N/mm^2	minimum 35	minimum 35	minimum 35
Căldura de hidratare după 7 zile (metode termos)	J/g	maximum 270	maximum 270	—

Tabelul 6

Condiții tehnice de calitate pentru cenușa de centrală termoelectrică (conf. STAS 8819/80), ca adaos la ciment și la betoane (pentru utilizarea la betoane se vor avea în vedere și prevederile din 140/79)

Caracteristica	Condiția de admisibilitate	Metoda de verificare
Umiditate [%]	maximum 1	STAS 3832-77
Reziduu pe sita cu țesătură de sîrmă 02 STAS 1077-67 [%]	maximum 10	STAS 227/2-78
Substanțe combustibile [%]	maximum 3*	
Suma oxizilor de siliciu aluminiu și fier ($SiO_2+Al_2O_3+F_2O_3$) [%]	minimum 70	
Oxid de magneziu (MgO) [%]	maximum 4	STAS 3832-77
Trioxid de sulf (SO_3) [%]	3	
Oxid de sodiu (Na_2O)[%]	maximum 1**	
Oxid de potasiu (N_2O) [%]	maximum 2,4**	
Oxid de calciu (CaO)[%]	minimum 5**	
Reziduu insolubil [%]	maximum 90**	

* Pentru betoane și mortare se admite pînă la maximum 5%.
** Valori obligatorii pentru cenușile utilizate la fabricarea cimenturilor și care nu constituie motiv de refuz pentru cenușile utilizate ca adaos la betoane și mortare.

blemele termice ale betonului masiv și ansamblul măsurilor tehnologice adoptate pentru limitarea eforturilor termice, evitarea fisurării betonului.

2.1. Betoane

Betoanele necesare execuției construcțiilor hidrocentralelor pe rîul Olt au fost grupate în funcție de principalele lor caracteristici în următoarele tipuri de bază :

— betoane masive, nearmate, cu granula maximă a agregatului de 120 mm (tipurile 1 și 2);

— betoane cu armătură relativ redusă cu granula maximă a agregatului de 70 mm (tipurile 3 și 4);

— beton armat, cu granula agregatului de 40 mm (tipul 5 și 6);

— betoane speciale (beton de uzură, beton macroporos).

Tipurile 1 și 2 sînt specifice barajului deversor, tipurile 3 și 4 pilelor, culeelor și zidurilor de sprijin, tipul 5 centralei, iar tipul 6 pereelor.

Condițiile tehnice pentru aceste tipuri sînt redate în tabelul 7.

Studiul betoanelor a început prin studiul compozițiilor granulometrice pentru agregate care a comportat :

— determinarea amestecurilor de compactitate maximă pentru agregatele mai mari de 5 mm;

— determinarea procentului limită admisibil pentru fracțiunea $0 \div 5$ mm;

— stabilirea fasciculelor granulometrice pentru diferite tipuri de beton.

Pe baza rezultatelor obținute la determinarea curbelor de compactitate și a proprietăților betonului proaspăt s-au indicat fasciculele de curbe granulometrice pentru agregate cu granula maximă de 40 mm, 70 mm, 120 mm (fig. 2).

Tabelul 7

Condițiile tehnice puse betoanelor pentru construcțiile casadei de hidrocentrale pe rîul Olt

Condiția tehnică	Tipul de beton					
	1	2	3	4	5	6
Granula maximă a agregatului (mm)	120	120	70	70	40	40
Marca la compresiune la 90 zile (daN/cm²)	BH 150	BH 200	BH 150	BH200	BH 250	BH 200
Gradul de impermeabilitate la 90 zile	P 4	P 8	P 6	P 8	P 12	P 8
Gradul de gelivitate la 28 zile	—	G 100	G 50	G 100	G 100	G 100
Consistența măsurată prin tasarea conului (cm)	1,0±0,5	1,0±0,5	1,5±0,5	1,5±0,5	3,5±0,5	2,5±0,5

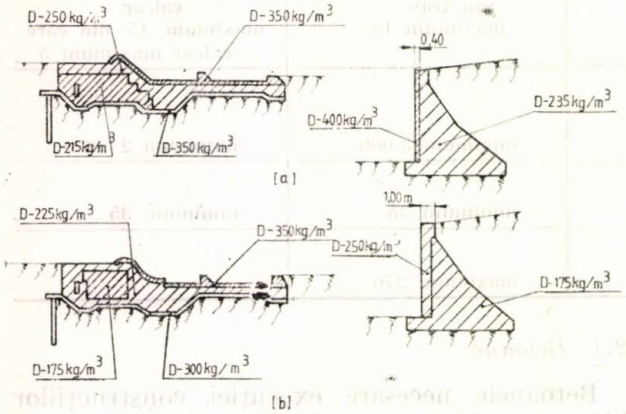


Fig. 2. Dozaje de ciment folosite înainte (a) și după reconsiderarea zonării (b) (vezi tabelul 2).

Studiul compozițiilor de beton a urmărit obținerea datelor necesare în vederea definitivării rețelelor pentru principalele tipuri de beton ale construcțiilor fiecărei amenajări hidroenergetice de pe rîul Olt.

Dozajele de ciment uzual folosite pentru principalele tipuri de beton sînt prezentate în tabelul 8.

Tabelul 8

Dozajele uzuale de ciment folosite pentru betoanele amenajărilor hidroenergetice pe de rîul Olt

Tipul de beton (tabelul 7)	Dozaj de ciment [kg/m³]	Dozaj de cenușă, [kg/m³]		Observații
		înlocuitor de ciment	înlocuitor de nisip (0—5 mm)	
1	165	—	—	
1′	140	25	35	Dozaj de ciment redus cu circa 15% prin înlocuire cu cenușă
2	205	—	—	
3	185	—	—	
3′	160	25	35	Dozaj de ciment redus circa cu 15% prin înlocuirea cu cenușă
4	225	—	—	
5	360	—	—	
6	300	—	—	
6	300	—	30	

Pentru betoanele din zona interioară a construcțiilor (tipul 1′ și 3′) și pentru betonul de pereu (tipul 6′) s-au studiat în paralel și compoziții cu adaos de cenușă de centrală termoelectrică, rezultatele obținute asigurînd realizarea condițiilor cerute de rezistență, impermeabilitate și rezistența la îngheț-dezgheț repetat.

Pentru fiecare compoziție s-au urmărit :

— proprietățile betonului proaspăt (consistență, aer oclus, densitate aparentă);

— rezistența la compresiune la 28 și 90 zile;

— rezistența la întindere la 28 și 90 zile;

— gradul de impermeabilitate la 28 și 90 zile;

— gradul de gelivitate la 28 zile.

Amestecurile de beton recomandate au prezentat în stare proaspătă calitățile necesare de coeziune și omogenitate. Aerul antrenant a variat între 4,5 și 5,5% pentru betoanele cu aditiv Disan (determinat pe betonul proaspăt cernut prin ciurul cu Ø31 mm [1].

Rezultatele obținute pe betonul întărit au prezentat, de asemenea, caracteristici superioare limitelor impuse. Este de subliniat faptul că aceste rezultate satisfăcătoare s-au obținut cu dozaje de ciment la limita inferioară a dozajelor curent utilizate pentru tipurile respective de beton.

Studiile întreprinse au permis aplicarea pe scară largă a zonării diferențiate a betoanelor construcțiilor hidrotehnice de pe rîul Olt, aceasta constituind o cale importantă de reducere a consumului de ciment (fig. 3).

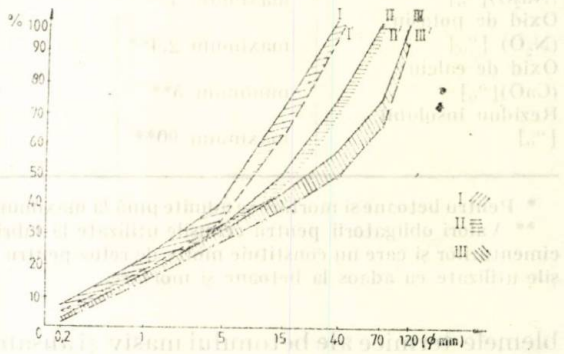


Fig. 3. Fasciculele de curbe granulometrice pentru agregate cu granula maximă 40 mm, 70 mm și 120 mm.

De asemenea, studiile efectuate au permis obținerea unor informații utile privind posibilitățile și condițiile de folosire ca înlocuitor al unei părți din ciment a cenușilor de centrală termoelectrică.

Nivelul de informare atins în cercetările de laborator s-a considerat suficient ca bază pentru abordarea studiilor pe obiect, care să conducă la prevederea, în proiectele unor lucrări hidrotehnice, a tehnologiei de preparare a betoanelor cu adaos de cenușă.

Prima aplicare s-a făcut sub forma unor turnări experimentale la CHE Strâjești și CHE Arcești (1977—1978) la betoane de umplutură sub fundația blocului de montaj și un tronson de peree. În anii următori turnările s-au făcut la CHE Drăgășani și CHE Zăvideni (V_{bet} = 10 000 m³/amenajare).

Prin aceasta, constructorul a fost confruntat cu problemele tehnologice specifice putînd obține date privind omogenitatea betoanelor avînd un component în plus, component care prezintă o variabilitate proprie a caracteristicilor de la un lot la altul.

Aceste date sînt deosebit de necesare pentru obținerea unor concluzii suficient fundamentate în problema posibilităților și condițiilor de extindere a utilizării cenușilor în betoanele hidrotehnice. Astfel, începînd din anul 1981, în proiectele amenajărilor din sectorul Olt Inferior s-au prevăzut, pentru zidurile de racord amonte și aval, în exclusivitate betoane cu adaos de cenușă ca înlocuitor al unei părți din ciment ($V_{bet} \cong$ 50 000 m³/amenajare).

Dintre betoanele speciale folosite, care au făcut obiectul unor cercetări aparte în condițiile specifice amenajărilor de pe rîul Olt și ale căror rezultate au fost prezentate în alte lucrări, menționăm betonul de uzură [3], aplicat ca strat de protecție în zonele construcțiilor expuse la eroziune hidrodinamică (dozaj de ciment 400 kg/m³ ciment Hz 35, agregat de rîu cu dimensiunea maximă 40 mm), și betonul macroporos [4], utilizat ca strat drenant în zona de fundare a barajului deversor (dozaj de ciment între 100 și 150 kg/m³, pietriș de rîu sortul 7—40 mm).

Comportarea în timp a betonului de uzură executat cu agregate de rîu și aplicat pe fețele deversorului, disipatorului, pilelor și culeelor, s-a dovedit a nu fi suficient de sigură, după un interval de timp relativ redus producîndu-se degradări din eroziune.

Se consideră necesar ca betonul expus eroziunii hidrodinamice și cavitației să fie executat cu agregate de concasare provenite din roci dure eruptive cu o structură uniformă. Această prevedere împreună cu altele au fost incluse în Instrucțiunile PE 713—83 cu ocazia recentei revizuiri, în scopul creșterii rezistenței la uzură a betonului construcțiilor hidrotehnice.

2.2. Probleme termice ale betonului

În practica construcțiilor masive din beton, în special a celor cu caracter hidrotehnic, un loc important îl ocupă problemele legate de termicitatea betonului și de ansamblul de măsuri practice care trebuie luate pentru a reține creșterea de temperatură a betonului în limite admisibile. Depășirea acestor limite poate duce la o fisurare intensă a betonului și poate deci pune în pericol rezistența și stabilitatea construcției, putînd totodată crea căi de infiltrație a apei, cu efecte negative asupra condițiilor de exploatare și asupra durabilității construcției.

Principalii factori considerați pentru controlul stării termice a betonului construcțiilor amenajărilor de pe rîul Olt sînt :

— compoziția betonului ;

— condițiile climatice ale microregiunii în care se execută construcția ;

— schema și ritmul de punere în operă a betonului ;

— dimensiunile construcției ;

— măsurile de izolare și protecție a betonului.

Calculul termic a avut ca scop corelarea ansamblului de măsuri care stă la baza controlului termic respectiv în cazul concret al construcțiilor amenajărilor de pe rîul Olt — stabilirea ciclului tehnologic funcție de tipul de beton, de temperatura aerului și de temperatura de punere în operă a betonului. Calculul termic urmărește limitarea ecartului $\Delta\Theta$ între temperatura maximă și cea finală (de stabilizare) a betonului [5].

Valoarea maximă pentru $\Delta\Theta$ s-a limitat la 24°C. Această valoare, relativ ridicată în raport cu practica utilizată pentru construcțiile masive, a putut fi admisă datorită faptului că roca de fundație este relativ puțin rigidă ; modulul de elasticitate al rocii de fundație variază între 10 000 daN/cm² în zona inferioară a Oltului și 15 000 pînă la 75 000 daN/cm² în zona superioară analizată (rigiditatea mai mare a rocii de fundație a fost compensată de faptul că respectivele construcții au fost armate).

Ținînd seama de limita admisă pentru ecartul de temperatură s-au stabilit — funcție de temperatura aerului și betonului și de distanța de la lamela betonată la roca de fundație — ciclurile tehnologice corespunzătoare. Pentru simplificare s-au încadrat elementele construcției (baraj, centrală) în zone pentru care s-au prescris ciclurile tehnologice.

Astfel, pentru baraj, o porțiune de 6 m deasupra fundației a constituit zona de fundație, respectiv 0,2 L (L fiind cea mai mare dimensiune a plotului în plan orizontal), iar peste această înălțime zona superioară. Pentru centrală, în raport cu intensitatea pericolului de fisurare,

dependent de dimensiunile și poziția elementului în construcție, elementele componente ale centralei au fost clasificate în două categorii, din categoria I făcînd parte radierul aspiratorului, al cotului aspiratorului, al prizei și altele, iar din categoria a II-a pilele aspiratorului, umerii camerei spirale și alte elemente precizate prin proiect.

Pentru baraj, ciclurile tehnologice prescrise sînt redate pentru exemplificare în tabelul 9.

Tabelul 9

Ciclurile tehnologice prescrise pentru baraj

Temperatura inițială a betonului, °C	Temperatura medie a aerului la betonare, °C	
	peste 20	16—20
a. Zona de fundație (pe o porțiune de 6 m deasupra fundației) (înălțimea lamelei h= 1,5 m)		
16—18	5 zile	3 zile
sub 16	3 zile	3 zile
b. Zona superioară (înălțimea lamelei h = 2,0 m)		
16—18	5 zile	3 zile
sub 16	3 zile	3 zile

Concluzii

Studiile efectuate cu ocazia execuției amenajărilor hidroenergetice de pe rîul Olt, au avut la bază un vast program și au comportat un volum mare de lucrări cu caracter tehnico-științific.

Amplasarea și nivelul studiilor efectuate au asigurat obținerea unor betoane adecvate din punct de vedere tehnic și economic, ale căror performanțe s-au încadrat în limitele prevăzute în caietele de sarcini.

De subliniat faptul că aceste rezultate s-au obținut cu dozaje de ciment la limita inferioară a dozajelor curent utilizate pentru tipurile respective de beton.

Cercetările întreprinse au permis aplicarea pe scară largă a zonării diferențiate a betoanelor construcțiilor hidrotehnice de pe rîul Olt.

Au fost cercetate și unele betoane speciale, dintre care menționăm betonul de uzură și betonul macroporos utilizat ca strat drenant.

Ca urmare a aplicării rezultatelor cercetărilor efectuate, inclusiv a indicațiilor tehnologice date, eficiența economică rezultată constă în :

— utilizarea agregatelor locale (posibilitatea folosirii agregatelor cu conținut de silicolite sub 1% levigabil și argilă peste limita admisă), fapt care a condus la reducerea distanțelor de transport (evitarea aducerii agregatelor din balastierele Zăvideni, Fișcălia situate la distanță de peste 50 km);

— reducerea consumului de ciment cu circa 5—8% prin stabilirea tipurilor de betoane pe zonă; s-a evidențiat posibilitatea reducerii cu circa 10% a acestui consum în cazul utilizării betoanelor cu adaos de cenușă;

— reducerea cheltuielilor de întreținere ca urmare a ridicării calității și durabilității betoanelor, precum și din creșterea siguranței construcțiilor a căror defecțiune poate conduce la avarii grave.

Pe baza cercetărilor au fost stabilite condițiile tehnice și tehnologice pentru betoanele construcțiilor hidrotehnice, inclusiv ansamblul măsurilor practice pentru limitarea eforturilor termice.

În final, rezultatele cercetărilor efectuate s-au concretizat în reducerea costului total al lucrărilor de investiții și în reducerea consumului de energie înglobată în construcția hidrocentralelor.

Cu ocazia execuției lucrărilor de pe rîul Olt și în perioada de exploatare s-au putut trage concluzii privind necesitatea folosirii agregatelor dure, de concasare, la execuția betoanelor de uzură în locul agregatelor de rîu, reglementare introdusă în instrucțiunile PE 713—83 recent revizuite.

Totodată, s-a putut constata că extinderea utilizării cenușii în betoane hidrotehnice este condiționată de posibilitatea asigurării unei calități garantate a acesteia.

Bibliografie

[1] * * * *Instrucțiuni tehnice departamentale pentru execuția și controlul betoanelor construcțiilor hidroenergetice*, PE 713—83.

[2] * * * *Instrucțiuni tehnice pentru utilizarea cenușilor la prepararea betoanelor*, C 189—79.

[3] Tatu, D., Ispas, D. *Cercetări asupra rezistenței betonului la acțiunea de uzură hidrodinamică*. In : Hidrotehnica, 1983, nr. 8, p. 238.

[4] Tatu, D., Luca, E., Soviani, F. *Betonul macroporos. Cercetări în vederea utilizării ca înlocuitor al filtrelor inverse clasice în construcții hidrotehnice*. CNIT. Conferința a VIII-a de betoane, vol. II, Cluj-Napoca, 1977.

[5] * * * *Instrucțiuni tehnice departamentale pentru răcirea betoanelor hidrotehnice masive*, CD 28—67.

(Primit la 18 martie 1983, acceptat la 17 aprilie 1985)

Variația randamentului instalației de turbină recuperatoare la modificarea temperaturii de intrare

Dr. ing. Gheorghe Constantin Hobeanu *

Descriptori : instalație de turbină recuperatoare ; generator electric ; schimbătoare de căldură ; agent de lucru ; grad de reacțiune ; suprasarcină

Introducere

Căldura reziduală existentă în industrie prezintă mai multe trăsături, și anume ponderea principală se concentrează în domeniul temperaturilor joase ($t < 150$°C), iar debitele de căldură $\dot{Q}_{sc}$ sînt foarte variate (0,1 — 10 MJ/s). În aceste condiții, construirea unei instalații speciale de turbină, pentru fiecare sursă în parte, nu este economică ; de aici decurge necesitatea utilizării aceleiași instalații în alte condiții decît cele nominale, dar care trebuie avute în vedere la proiectare, pentru dimensionarea turbinei, pompei, generatorului electric și a schimbătoarelor de căldură.

De asemenea, însăși sursa de căldură nu este constantă în timp, nici ca nivel termic, nici ca debit.

Aceste considerente duc la concluzia că este necesară atît cunoașterea comportării turbinei, cît și a instalației în ansamblu, la modificarea temperaturii de intrare t_0. Se examinează mărimile influențate de temperatura t_0, și anume presiunea de intrare p_0, debitul D, căderea adiabatică h_t, gradul de reacțiune, randamentul intern și efectiv al turbinei, apoi al instalației.

Se indică relațiile de calcul, ilustrate prin exemple numerice.

1. Premise generale

În domeniul temperaturilor joase, adică $t_0 < 150$°C, examinat în această lucrare, se consideră următoarele ipoteze :

a) vaporii agentului de lucru, la intrarea în turbină sînt practic în stare de saturație sau ușor supraîncălziți (2 ÷ 3 K) ;

b) temperatura t_0 de intrare în turbină este funcție de nivelul termic și debitul sursei calde $\dot{Q}_{sc}$ (debitul de căldură reziduală) ; presiunea p_0 se determină astfel încît să fie îndeplinită condiția a) ;

c) turbina are o singură treaptă, radial axială și funcționează la turație constantă ;

d) sursa rece rămîne nemodificată, adică parametrii fluidului la condensator (presiunea p_c, temperatura t_{ct}) constituie un punct fix.

2. Sarcini parțiale

Este cazul temperaturilor de intrare t'_0 inferioare celei nominale t_0 ; în acest caz căderea adiabatică în turbină scade și determinarea principalelor mărimi se poate face după o schemă de calcul simplificată.

2.1. *Variația presiunii p_0 cu debitul raportat D*

Legătura între presiune și debit este dată de relația Stodola, din care se obține :

$$p'_0 = [\bar{D}^2(p_0^2 - p_c^2)\bar{T}'_{0c}/\bar{T}_{0c} + p'^2]^{0,5}, \qquad (1)$$

unde :

$D'/D = \bar{D}$ este debitul raportat ;

D' — debitul în turbină la temperatura t'_0 ;

D — debitul nominal (la temperatura t_0) ;

p_0, p_c — presiunea la intrare, respectiv ieșire (condensator), în regim nominal ;

$(T'_0 + T_c)/2 = \bar{T}'_{0c}$ — temperatura medie, în decursul destinderii, la sarcină parțială ;

$(T_0 + T_c)/2 = \bar{T}_{0c}$ — temperatura medie, în decursul destinderii, la sarcină nominală.

Relația (1) se poate aplica în trei moduri :

a) Se citește în diagrama i-s presiunea p'_0 corespunzătoare temperaturii t'_0, se determină $\bar{T}'_{0c}$, apoi debitul raportat $\bar{D}$.

b) Debitul raportat $\bar{D}$ se consideră variabilă independentă, iar temperatura $t'_0 = t_s$ temperatura de saturație, funcție de presiune, de exemplu :

$$t_s = x_{1s} + x_{2s}p_s + x_{3s}p_s^2 + x_{4s}p_s^3. \qquad (2)$$

Cu aceste precizări, înlocuind în (1), se obține ecuația :

$$f(p'_0) = p_0'^2 - (p_0^2 - p_c^2)[273{,}15 + 0{,}5(t_c + t_s)] \cdot \bar{D}^2 - p_c^2 = 0. \qquad (3)$$

Această metodă este foarte convenabilă la utilizarea calculatoarelor electronice programabile.

c) Se admite aproximația că temperatura medie $\bar{T}'_{0c}$ variază liniar cu $\bar{D}$, adică :

$$\bar{T}'_{0c} = T_c + (T_0 - T_c)\,\bar{D}/2. \qquad (4)$$

Aplicarea acestei metode necesită verificări prealabile.

* Dr. ing. Gheorghe Constantin Hobeanu este șef lucrări la Institutul Politehnic București.

Tabelul 1

Date pentru rezolvarea ecuației (3)

Agent de lucru	t_0 [°C]	p_0 [at]	t_{et} [°C]	p_e [at]	Coeficienții relației (2)			
					x_{1s}	x_{2s}	x_{3s}	x_{4s}
R11	89,3	6,486	40	1,9	−3,470	30,175	−3,849	0,204

Tabelul 2

Variația presiunii p_0' cu debitul raportat $\bar{D}$

Mărimea	Debitul raportat $\bar{D}$ U.M.	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
p_0'	[at]	2,249	2,627	3,085	3,594	4,138	4,702	5,287	5,881	6,486
$f(p_0')\cdot 10^4$	[at²]	−0,765	−3,781	−1,649	0,404	−1,849	−5,607	3,978	−1,400	7,955
$t_0 = t_s$	[°C]	47,4	52,8	58,2	63	68,4	73,8	79,2	84,6	89,3
$\bar{T}_{0c}'/\bar{T}_{0c}$	—	0,938	0,946	0,954	0,961	0,969	0,977	0,985	0,993	1,000
$p_{0\,apr}'$	[at]	2,249	2,627	3,084	3,591	4,134	4,702	5,289	5,890	6,500
ε_{p_0}	[%]	0	0	0,032	−0,083	−0,097	−0,043	−0,038	0,153	0,216

Considerînd debitul $\bar{D}$ parametru și turbina cu datele din tabelul 1 s-a rezolvat ecuația (3), iar rădăcinile p_0' obținute s-au comparat cu cele date de (1) unde s-a utilizat dependența (4); cu ajutorul unui calculator programabil TI59 s-au determinat valorile înscrise în tabelul 2.

Se constată că erorile ε_{p_0} sînt sub 0,25 %, deci aplicarea relației (4) este suficient de precisă, micșorînd considerabil volumul de calcul.

2.2. Determinarea gradului de reacțiune

În regim nominal ecuația de continuitate la ieșirea din rotor conduce la egalitatea:

$$Dv_{2t} = S_2\bar{w}_{2t}\sin\beta_2, \qquad (5)$$

unde:

v_{2t} este volumul specific teoretic;
S_2 — secțiunea;
$\bar{w}_{2t}\,.\,c_f = \bar{w}_{2t}$ — viteza relativă;
$\bar{w}_{2t}/c_f = \bar{w}_{2t}$ — viteza relativă raportată;
$\sqrt{2h_t} = c_f$ — viteza absolută, fictivă;
h_t — căderea teoretică (adiabatică).

La sarcină parțială există o relație similară celei de mai sus; însemnînd parametrii prin indicele prim și împărțind cele două relații se obține:

$$\bar{w}_{2t}' = \bar{w}_{2t}\,\bar{D}(h_t/h_t')^{0,5}. \qquad (6)$$

Pe de altă parte, din schema cinematică a treptei rezultă următoarele relații simple [1]:

$$\bar{w}_{2t}'^2 = \rho + \bar{w}_1'^2 - x_f^2(1 - c_R^2);$$

$$\bar{w}_1^2 = \rho^2(1 - \rho)\sin^2\alpha_1/\sin^2\beta_1'$$

$$\beta_1' = \text{arc tg}\,(\text{ctg}\,\alpha_1 - x_f/\varphi\sin\alpha_1\sqrt{1-\rho})^{-1}, \qquad (7)$$

astfel că în final (6) conduce la ecuația:

$$F(\rho) = (1-\rho)\left[\frac{\sin\alpha_1}{\sin\text{arc tg}(\text{ctg}\,\alpha_1 - x_f/\varphi\sqrt{1-\varphi\sin\alpha_1})^{-1}}\right]^2 +$$

$$+ \rho - [\bar{w}_{2t}^2(h_t/h_t')\bar{D}^2 + x_f^2(1 - c_R^2)] = 0. \qquad (8)$$

Aici gradul de reacțiune este funcție de constantele α_1, $\bar{w}_{2t}$, h_t, c_R, u_1 și parametrii $x_f = u_1/c_f'$, $\bar{D}$, φ, care depind de temperatura t_0'; coeficientul de calitate φ al ajutajelor avînd o variație mică se poate considera, în primă aproximație, constant.

Viteza absolută c_{1t}' la ieșirea din ajutaje se poate calcula în două moduri:

1) utilizînd valoarea ρ, rădăcina ecuației (8) care determină destinderea în ajutaje:

$$c_{1t}' = \sqrt{2(1 - \rho)h_t'}\,; \qquad (9)$$

2) pe baza ecuației debitului:

$$c_{1td}' = \bar{D}v_{1t}'\,c_{1t}/v_{1t}. \qquad (10)$$

Dacă eroarea $\varepsilon_{c1t} = (c_{1td}' - c_{1t}')/c_{1t}'$ este prea mare (depășește o limită impusă, spre exemplu 5 %) atunci se rezolvă simultan relațiile (6) și

Tabelul 3

Determinarea gradului de reacțiune la sarcini parțiale

Mărimea	U.M.	Debitul raportat $\bar{D} = D'/D$					
		0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	1,0
t_0'	[°C]	47,4	58,2	68,4	79,2	84,6	89,3
h_t	[kg/kg]	3,9716	9,9277	14,9448	19,8182	21,4113	23,4042
ρ	—	0,7200	0,6246	0,5410	0,4685	0,4564	0,4368
c_{1t}'	[m/s]	47,16	86,34	117,13	145,14	152,58	163,36
v_{1t}'	[m³/kg]	0,0922	0,0775	0,0705	0,0664	0,0651	0,0604
c_{1td}	[m/s]	48,93	82,80	112,15	140,97	155,34	160,32
Σ_{c1t}	[%]	3,76	−4,70	−4,25	−2,87	1,81	−1,25

Tabelul 4

Variația debitului raportat cu suprasarcina

t_0' [°C]	p_0' [at]	$\bar{T}_{0c}/\bar{T}_{0c}'$	$D = \frac{D'}{D}$	i_0 [kcal/kg]	h_t [kcal/kg]	x_f
88,68	6,5323	1,0000	1,0000	156,05	5,225	0,7014
100	8,4426	0,9836	1,3053	157,20	6,375	0,6349
110	9,8860	0,9695	1,5285	158,19	7,360	0,5910

(10), astfel că în locul relației (7) unghiul β_1' din relația (8) are valoarea:

$$\beta_1' = \text{arc tg}\,(\text{ctg}\,\alpha_1 - u_1/\varphi c_{1td}\sin\alpha_1). \quad (11)$$

În acest caz intervin încă două constante, ρ_n — gradul de reacțiune în regim nominal, v_{1t} — volumul specific teoretic la ieșirea din ajutaje și variabila v_{1t}', care necesită o descriere analitică, adică aproximarea printr-o funcție de forma $v_{1t}' = f(\rho)$.

Fie turbina cu freon 11 din aplicația anterioară (tabelele 1 și 2) la care se cunoaște $\alpha_1 = 20°$, $\bar{w}_{2t} = 0{,}3598$; $h_t = 23{,}4$ kJ/kg, $c_R = 0{,}5$, $u_1 = 151{,}75$ m/s, $v_{1t} = 0{,}0604$ m³/kg, $\rho_n = 0{,}437$; să se determine gradul de reacțiune ρ pentru $t_0' < t_0$ și eroarea ε_{c1t}.

Pe baza constantelor indicate s-a rezolvat ecuația (8) cu ajutorul unui calculator programabil, folosind metoda dicotomiei succesive; rădăcinile ρ și abaterile ε_{c1t} sînt înscrise în tabelul 3.

3. Suprasarcini

Creșterea temperaturii la intrare t_0' peste valoarea nominală t_{on} permite creșterea presiunii p_0'; primul parametru mărește căderea teoretică, iar al doilea permite majorarea debitului, ceea ce creează condiții pentru obținerea unui spor considerabil de putere mecanică.

3.1. Determinarea debitului

Metoda cea mai simplă este menționată la punctul 2.1.a. Considerînd $t_{0n} = 88{,}68°C$, p_c, t_{ct} din tabelul 1 și alegînd valorile t_0', p_0' indicate în tabelul 4 cu relația (1) se determină $\bar{D}$; cu ajutorul diagramei $i - s$ pentru freon 11 se află i_0, h_t apoi se calculează x_f.

3.2. Variația gradului de reacțiune

Modificarea condițiilor de curgere impune corelarea simultană a ecuațiilor de continuitate la ieșirea din ajutaje, respectiv palete; pentru regimul nominal se poate scrie:

$$f_n = \frac{S_1}{S_2} = \frac{\mu_2}{\mu_1}\frac{v_{1t}}{v_{2t}}\frac{\bar{w}_{2t}}{\bar{c}_{1t}}\frac{\sin\beta_2}{\sin\alpha_1}, \quad (12)$$

unde:

S_1 reprezintă secțiunea la ieșirea din ajutaje;

μ_1, μ_2 — coeficienți de debit în ajutaje, respectiv palete:

$$\mu_1 = \frac{\varphi\delta_1^{m_1}}{1 - \varphi^2(1 - \delta_1^m)}, \quad \mu_2 = \frac{\psi\delta_2^{m_2}}{1 - \psi^2(1 - \delta_2^m)}, \quad (13)$$

φ, ψ fiind coeficienţi de calitate în ajutaje, respectiv palete.

Determinarea acestor mărimi se bazează pe relaţii de tipul (19), cu precizarea că la pierderile în ajutaje ζ_a se adaugă pierderile ondulatorii ζ_{ond}, funcţie de cifra $M_{1t} = c_{1t}/a$, iar la cele în palete ζ_p pierderile legate de unghiul de atac ζ_{ip} şi pierderile prin desprindere ζ_{des}; în final se consideră relaţiile:

$$\varphi = \sqrt{1 - \zeta_a} \; ; \; \psi = \sqrt{1 - \zeta_p} \; , \qquad (14)$$

$p_1/p_0 = \delta_1$, $p_2/p_1 = \delta_2$ – raportul presiunilor la destinderea în ajutaje, respectiv palete; $(k_1 - 1)/k_1 = m_1$; $(k_2 - 1)/k_2 = m_2$, unde k_1, k_2 sînt exponenţii adiabatici:

$$k_1 = \frac{\ln \delta_1}{\ln(v_0/v_{1t})} \; ; \; k_2 = \frac{\ln \delta_2}{\ln(v_{1t}/v_{2t})} \cdot \qquad (15)$$

Aceste mărimi sînt funcţie de gradul de reacţiune ρ care modifică presiunea p_1 şi volumul specific v_{1t} la ieşirea din ajutaje. Creşterea cifrelor M_{1t} şi M_{2t} determină abaterea jetului de fluid, astfel că la suprasarcini $\alpha_1' > \alpha_1$, $\beta_2' > \beta_2$; calculul acestor mărimi funcţie de δ_1' şi δ_2', k_1'. k_2' se efectuează cu relaţiile cunoscute [1].

În regim variabil relaţia (12) devine:

$$f' = \frac{\mu_2'}{\mu_1'} \frac{v_{1t}'}{v_{2t}'} \frac{\bar{w}_{2t}'}{\bar{c}_{1t}'} \frac{\sin \beta_2'}{\sin \alpha_1'} \qquad (16)$$

şi avînd în vedere că $f' = S_1/S_2$, gradul de reacţiune ρ este rădăcina ecuaţiei

$$E(\rho) = f'/f_n - 1 = 0. \qquad (17)$$

4. Calculul randamentelor

Modificarea temperaturii la intrare influenţează randamentul ciclului termic şi randamentul efectiv η_{eT} al turbinei, iar acesta randamentul efectiv absolut η_{ea} al instalaţiei.

4.1. Randamentul efectiv al turbinei

Determinarea acestei mărimi necesită cunoaşterea randamentului periferic, intern şi mecanic, care sînt funcţie de temperatura t_0' (căderea adiabatică h_t') şi gradul de reacţiune determinat anterior.

4.1.1. Randamentul periferic

Are la bază pierderile principale D_{hu} (sau periferice) care, exprimate în formă adimensională, conduc la expresia:

$$\eta_u = 1 - [(1 - \rho)\zeta_a + \bar{w}_{2t}^2 \zeta_p + \zeta_c]. \qquad (18)$$

Relaţia conţine trei coeficienţi care indică localizarea pierderilor:

a) în ajutaje, calculate cu relaţia:

$$\zeta_a' = \zeta_a + c_{pr}(\zeta_{pr}' - \zeta_{pr}) + c_{ex}[(\zeta_{ex}\bar{l})' - (\zeta_{ex}\bar{l})], \qquad (19)$$

unde ζ_a, ζ_{pr}, $(\zeta_{ex}\bar{l})$ se referă la regimul nominal, iar indicii prim la cel variabil, adică $t_0' \neq t_{on}$; coeficienţii pierderilor de profil ζ_{pr}' şi pierderilor la extremităţi $(\zeta_{ex}\bar{l})$, în regim variabil sînt funcţie de cifra Mach [1];

b) în palete, notate cu ζ_p; se determină asemănător relaţiei (19) la care se adaugă pierderea suplimentară [1]:

$$\Delta\zeta_f = \zeta_{ip} + \zeta_{des};$$

c) la ieşire, corespunzătoare energiei cinetice reziduale:

$$\zeta_c = \bar{c}_2^2/2 = (c_2/c_f)^2/2, \qquad (20)$$

unde:

c_2 este viteza absolută la ieşire;
c_f — viteza absolută fictivă.

4.1.2. Randamentul intern

Se examinează variaţia pierderilor secundare:

$$\Sigma\zeta_s' = \zeta_{fd} + \zeta_D, \qquad (21)$$

unde:

$N_f/P_{ad} = \zeta_{fd}$ reprezintă pierderi prin frecarea discului; (N_f — puterea consumată prin frecare);

P_{ad} — puterea teoretică (adiabatică);

ζ_D — coeficientul pierderilor prin scăpări interioare de fluid [1].

În final randamentul intern se determină cu relaţia:

$$\eta_{iT} = \eta_u - \Sigma\zeta_s'. \qquad (22)$$

4.1.3. Randamentul mecanic

Puterea mecanică se menţine constantă deoarece numărul de lagăre şi turaţia nu se modifică, deci:

$$P_m = (1 - \eta_{mT})P_{ad}. \qquad (23)$$

Pe baza randamentului intern şi puterii mecanice se determină puterea efectivă a turbinei:

$$P_{eT} = P_{iT} - P_m = \eta_{iT} P_{ad} - P_m, \qquad (24)$$

apoi randamentul efectiv:

$$\eta_{eT} = P_{eT}/P_{ad}. \qquad (25)$$

4.2. Randamentul efectiv absolut

Efectul util produs de instalaţie în forma cea mai simplă se exprimă prin diferenţa între puterea efectivă a turbinei şi cea consumată de pompa de alimentare. În acest scop se con-

sumă debitul de căldură $\dot{Q}_{sc}$, care se determină cu relaţia :

$$\dot{Q}_{sc} = D(i_0 - i_a) = P_{ad} - P_{ic} + D \cdot r, \quad (26)$$

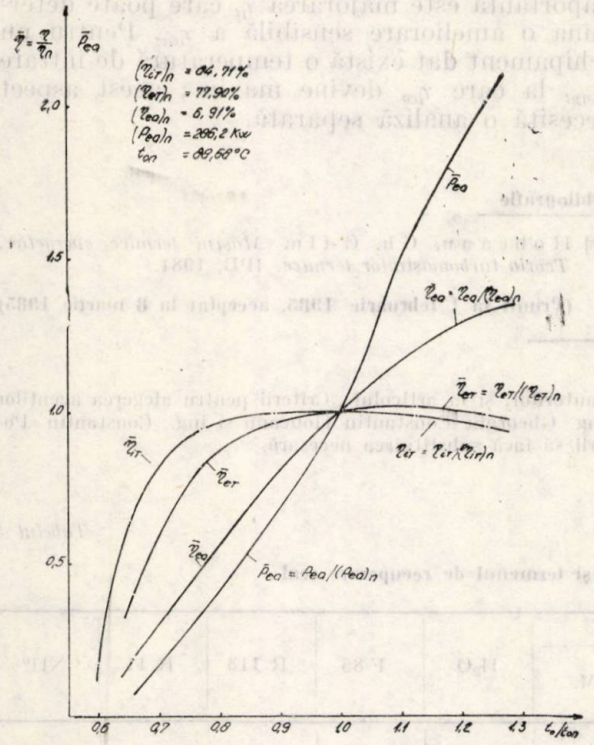


Fig. 1. Variaţia randamentelor şi puterii raportate cu temperatura raportată.

unde :

$i'_c + h_{ic} = i_{ic} - r + h_{ic} = i_a$ este entalpia condensatului după pompa de alimentare ;

r — căldura latentă de condensaţie ;

$h_c/\eta_{ic} = h_{ic}$ — înălţimea internă de compresie (pompare) ;

D — debitul de fluid.

Cu aceste precizări randamentul efectiv absolut al instalaţiei este :

$$\eta_{ea} = \frac{P_{ea}}{\dot{Q}_{sc}} = \frac{P_{eT} - P_{ec}}{P_{ad} - P_{ic} + D \cdot r} \eta_{gv} \eta_{eg}, \quad (27)$$

unde :

P_{ec}, P_{ic} reprezintă puterea efectivă, respectiv internă, consumată în decursul comprimării ;

η_{gv}, η_{eg} — randamentul generatorului de vapori, respectiv al generatorului electric.

Rezultatele calculelor numerice sînt concentrate în tabelul 5, unde s-au considerat datele din exemplele anterioare şi $\eta_{ic} = 0{,}75$; $\eta_{mc} = 0{,}9$; $r = 175{,}64$ kJ/kg, $\eta_{gv} = 0{,}98$, $\eta_{ge} = 0{,}85$; regimul nominal corespunde temperaturii $t_{on} = 88{,}68$°C.

Randamentele raportate (la valoarea nominală) sînt reprezentate grafic în figura 1.

Creşterea temperaturii peste valoarea nominală determină creşterea η_{ea} şi a puterii efective absolute P_{ea}, deci are efecte favorabile.

Tabelul 5

Variaţia puterii şi randamentului instalaţiei cu temperatura de intrare

Mărimea	Notaţia	Relaţia de calcul	U.M.	Temperatura de intrare t'_0 [°C]						
				52,82	58,20	68,40	79,20	88,68	100	110
Căderea teoretică	h_t	$i_0 - i_{ct}$	kcal/kg	1,6592	2,3712	3,5695	4,7335	5,225	6,375	7,360
Gradul de reacţiune	ϱ	$(i_{1t} - i_{ct})/h_t$	—	0,6774	0,6246	0,5410	0,4685	0,4368	0,4018	0,3920
Raportul de viteze	x_f	u_1/c_f	—	1,2874	1,0769	0,8854	0,7622	0,7014	0,6349	0,5910
Coeficientul de calitate al ajutajului	φ	$\varphi = \sqrt{1-\zeta_a}$	—	0,9515	0,9582	0,9680	0,9688	0,9611	0,9520	0,9435
Coeficientul de calitate al paletelor	ψ	$\psi = \sqrt{1-\zeta_P}$	—	0,8007	0,8686	0,9007	0,9075	0,9084	0,9045	0,8971
Coeficientul pierdere prin energie cinetică	ζ_c	$\zeta_c = (c_2/c_f)^2$	—	0,2053	0,1176	0,0540	0,0292	0,0221	0,0269	0,0417
Randamentul periferic	η_u	(18)	—	0,7368	0,8342	0,9016	0,9204	0,9116	0,8848	0,8475
Pierderi secundare	$\Sigma\zeta_S$	(21)	—	0,3085	0,2057	0,1028	0,0771	0,0645	0,0508	0,0469
Randamentul intern	η_{iT}	(22)	—	0,0981	0,5311	0,7988	0,8432	0,8471	0,8346	0,8006
Debitul	D	(1)	kg/s	6,318	8,424	12,64	16,85	21,06	27,49	32,19
Puterea teoretică	P_{ad}	$D \cdot h_t$	kW	43,89	83,63	188,8	333,9	460,7	733,7	991,9
Puterea internă	P_{iT}	$P_{ad} \cdot \eta_{iT}$	kW	23,31	56,87	150,9	281,6	390,3	611,9	794,2
Puterea efectivă	P_{eT}	(24)	kW	—8,02	25,53	119,5	250,2	359,0	580,6	762,8
Randamentul efectiv	η_{eT}	(25)	—	-0,183	0,305	0,633	0,749	0,779	0,791	0,769
Puterea pompei	P_e	Dh_c/η_{ec}	kW	1,133	2,059	4,964	9,353	15,40	27,52	38,78
Puterea efectivă absolută	P_{ea}	$(P_{et}-P_{ec})\eta_{gv}\eta_{ge}$	kW	-7,624	19,55	95,41	200,6	286,2	460,7	603,1
Randamentul efectiv absolut	η_{ea}	(27)	—	—6,62	1,25	3,97	6,11	8,91	8,33	9,14

5. Concluzii

Analiza regimului variabil, pe lîngă stabilirea presiunilor p_0 și a debitelor D în turbină, impune precizarea gradului de reacțiune; determinarea acestei mărimi este esențială pentru precizarea pierderilor, deci a randamentelor turbinei, care influențează randamentul efectiv absolut η_{ea} al instalației, respectiv puterea efectiv absolută P_{ea}.

Micșorarea temperaturii t_0 sub cea nominală provoacă reducerea accentuată a randamentului instalației η_{ea} sub acțiunea combinată a doi factori: randamentul efectiv al turbinei (intern η_{iT}, mecanic η_{mT}) și randamentul termic η_t al ciclului. Există o temperatură minimă $t_{0\,min}$ sub care η_{ea} devine negativ.

Deși la creșterea temperaturii de intrare t_0, η_{iT} scade și η_{eT} crește puțin (datorită η_{mt}), importantă este majorarea η_t care poate determina o ameliorare sensibilă a η_{ea}. Pentru un echipament dat există o temperatură de intrare $t_{0,opt}$ la care η_{ea} devine maxim; acest aspect necesită o analiză separată.

Bibliografie

[1] Hobeanu, Gh. C-tin. *Mașini termice energetice, Teoria turbomașinilor termice*. IPB, 1981.

(Primit la 1 februarie 1985, acceptat la 8 martie 1985)

Nota redacției. Tabelul tipărit pe p. 325 a apărut, dintr-o eroare a autorilor, și la articolul „Criterii pentru alegerea agenților de lucru la instalații de turbină de joasă temperatură", autori dr. ing. Gheorghe Constantin Hobeanu și ing. Constantin Popescu, înlocuind tabelul pe care îl publicăm mai jos. Rugăm cititorii să facă substituirea necesară.

Tabelul 5

Investiția specifică, randamentul economic și termenul de recuperare real

Mărimea	Notația	Relația	U.M.	Agentul de lucru H_2O	F 85	R 113	R 11	NH^0
Puterea efectivă a instalației	P_e	$Q_{sc}\eta_{ea}$	[kW]	97,5	435	396	387,5	82,5
Valoarea producției (energie electrică)	V_P	(18)	[10^6 lei]	0,6338	2,8275	2,5740	2,5188	0,5363
Debitul de agent al instalației	D	(4)	[kg/s]	1,702	8,662	23,071	20,466	2,022
Masa fluidului pierdut (pe an)	M_{FP}	103,5 D	[kg]	1864	948,4	2526,3	2241,0	221,5
Costul fluidului pierdut din instalație	C_f	$M_{FP}\cdot c_{Pf}$	[10^3 lei]	1,86	284,53	37,89	33,62	1,55
Pierderile raportate de fluid	d_e	C_f/V_P	—	0,003	0,1006	0,0147	0,0134	0,003
Pierderi prin exploatare manuală	Z_e	ZR_{ma}/V_P	—	0,1894	0,0424	0,0466	0,0476	0,2238
Coeficientul de productivitate	K_P	$1-z_e-d_e-y_e$	—	0,6877	0,7369	0,8187	0,8190	0,6533
Raportul optim de viteze	x_f	U_1/c_f	—	0,7020	0,6995	0,6983	0,6990	0,6590
Diametrul mediu la ieșirea din ajutaje	d_1	$60x_f\sqrt{2H}/\pi_n$	[m]	2,0030	0,7954	0,6503	0,4887	0,9030
Costul turbinei	C_T	(20)	[10^6 lei]	3,6530	0,4375	0,2426	0,1040	0,6307
Căldura latentă de condensare	r	—	[kJ/kg]	2406	425,33	148,18	175,64	1100,5
Suprafața GV ($\Delta t_m = 44{,}8$ K, $k = 40$ W/m²K)	S_{gv}	(20)	[10^3 m²]	2,3811	2,3642	2,1764	2,2812	1,3466
Masa generatorului de vapori (GV)	M_{gv}	(20)	[10^3 kg]	56,3602	74,6138	85,8605	90,0236	63,7469
Suprafața Cd ($\Delta t_m = 9{,}1$ K; $k = 775$ W/m² K)	S_{cd}	(20)	[10^3 m²]	0,5808	0,5224	0,4848	0,5100	0,3156
Masa condensatorului (Cd)	M_{cd}	(20)	[10^3 kg]	13,7466	8,2430	11,4740	12,0645	14,9399
Costul schimbătorului de căldură	C_{sc}	$C_{gv}+C_{cd}$	[10^6 lei]	2,1032	2,4857	2,9200	2,4019	2,3606
Investiția totală	I_T	(20)	[10^6 lei]	19,3929	9,8484	10,6551	10,6586	10,1541
Investiția specifică	I_S	(21)	[10^3 lei/kW]	198,90	22,64	26,91	27,53	123,08
Randamentul economic	η_{ecn}	(22)	[%]	5,54	35,56	34,03	33,53	8,26
Termenul de recuperare real	t_r	(17)	[ani]	51,17	5,43	5,76	5,94	33,33

Calitatea șisturilor bituminoase utilizate pentru alimentarea CTE Anina și tehnologii de preparare în vederea creșterii conținutului caloric

Dr. ing. Valentina Bălan *

Descriptori: CET, îmbogățire șisturi bituminoase

The Quality of the Bituminous Shales Burnt in the Thermal Power Plant Anina and Treatment Technologies for Increasing Their Heating Value

(Condensed from the paper in Romanian)

In order to obtain some high efficient bituminous shales preparation installations in the shales supply household of the thermal power plant Anina and at the pit, and to provide their maximum reliability, a research program on several issues has been set up regarding the achievement of the 0—100 mm and 0—50 mm granulation range using the rotating sieve for a mechanical selective sieving and autogenous partial shales crushing for their enriching.

This operation yields a sterile refuse of dimensions exceeding 50 or 100 mm containing an important siderite quantity. Due to their brittleness most of the shales can be sieved through. Their heating value is increased by 50—60 kcal/kg as compared to the one sieved through a Ø100 mm mesh sieve.

The shale's quality upgrading by this method will lead to the boiler's economicity and reliability increase since it reduces the oil rate in the burning process of the shale improving the heating value and the life of the grinding installation and of the burning gases discharge facility and reduces the siderite content of the shale.

The extraction was performed from the quotas 700, 680 and 660 m, the profiles 10, 14, 23 at a 20 m height from the Anina pit area.

Table 1 contains the bituminous shales layer's succession the coal and siderite insertions on the entire working front length, the shale's inhomogeneity can be observed.

The shale enrichment installation with rotating sieve has the following main characteristics: 2.8 m diameter, 3.5 m useful length, 18.0 rot/min rotation speed, driving system, electric reduction motor, gear wheel, 500 t/h working capacity.

The use to a large extent of the autogenous grinding principle combined with the immediate discharging of small grain particles, the preparation in the rotating sieve, is meant to create advantages in what regards the selectivity as well as the limited overgrinding.

Table 2 gives the dimensions of the elementar tests depending on the grains dimension, as well as the representative dimension.

The elementar shale samples have been collected according to the Romanian Standard STAS 1372 from the moving shale (from the conveyor belts during charging and from transportation vehicles).

The energetic characteristics of the granulometric fractions of the shale lots supplied and passing through rotating sieves, given in Tables 3 and 4 have been determined by the class method, i.e. by the dimensions which are to be found in the representative samples' composition when sieved manually through horizontal sieves.

The granulometric classes set up for the crude bituminous shale sieved through a vibrating sieve equipped with 100 mmØ and 50 mm Ø sieve have been the following:

— for the 100 mm Ø sieve:
— 5 mm; 5—10 mm; 10—20 mm; 20—30 mm; 30—50 mm; 50—100 mm; +100 mm
— for the 50 mm Ø sieve:
—5 mm; 5—10 mm; 10—20 mm; 20—30 mm; 30—50; mm; +50 mm.

After sieving the bituminous shale with a 500 t/h rotation speed samples from the supply, from the conveyor belts and sieve refuse have been taken.

The sieving is performed horizontally in a decreasing order, starting with the largest mesh sieve.

The representative sample is sieved in several stages in order to avoid the blocking of the sieves and the crumbling of the bituminous shale which is highly friable.

The conclusions outline the quality characteristics of the bituminous shales sieved through a rotating sieve, their heating value (Q_i^i) being increased with 50—70 kcal/kg for the shale sieved through a 100 mm Ø mesh sieve and an increase of the heating value (Q_i^i) of 100—120 kcal/kg for the shale sieved through a 50 mm Ø mesh sieve.

The combustibles of Romanian bituminous shales are classified according to the granulometric ranges, the finer ranges having a greater heating value and a smaller content of ashes (A^i); the contrary is valid for larger granulometric classes.

There is a difference between the mineralogical components (siderite) of the crude shale from the mine and she shale sieved through roteting sieves for the 0—100 mm shale as well as for the 0—50 mm shale.

The compact siderite is ground by about 25—30% for both shale dimensions.

The granulometric analysis of the crude shales Fig. 1 and of the shales (supply and sieving through a rotating sieve equipped with 100 mm Ø and 50 mm Ø mesh sieves) confirms the increase of the heating value towards the smaller granulometric classes:

— considering the mass content, this one grows differently, depending on the qualitative composition (mineralogic) and on the (crude) supply shale ash content;

— the mineralogical analyses reveal the presence of the siderite in compact agglomerations as well as inside associated to the clay minerals, quartz, sericite and organic materials.

Introducere

În vederea realizării unor instalații eficiente de preparare a șistului bituminos în carieră și în gospodăria de alimentare cu șisturi a centralei termoelectrice Anina, astfel încît acestea să prezinte maximum de siguranță în exploatare, s-a realizat o tematică de experimentări, privind obținerea clasei granulometrice 0 — 100 mm (fig. 1) și 0—50 mm, utilizînd ciurul rotativ pentru claubare mecanică selectivă și sfărîmare autogenă parțială a șistului. Prin această operație se elimină ca refuz steril peste 50 sau 100 mm mărime, conținînd o cantitate

* Dr. ing. Valentina Bălan— cercetător științific principal la ICEMENERG

importantă de siderită. Datorită friabilității sale, cea mai mare parte din șistul propriu-zis trece prin ciur, avînd o putere calorifică îmbogățită cu circa 40—80 kcal/kg față de alimentare pentru ciurul echipat cu sită de Ø 100 mm.

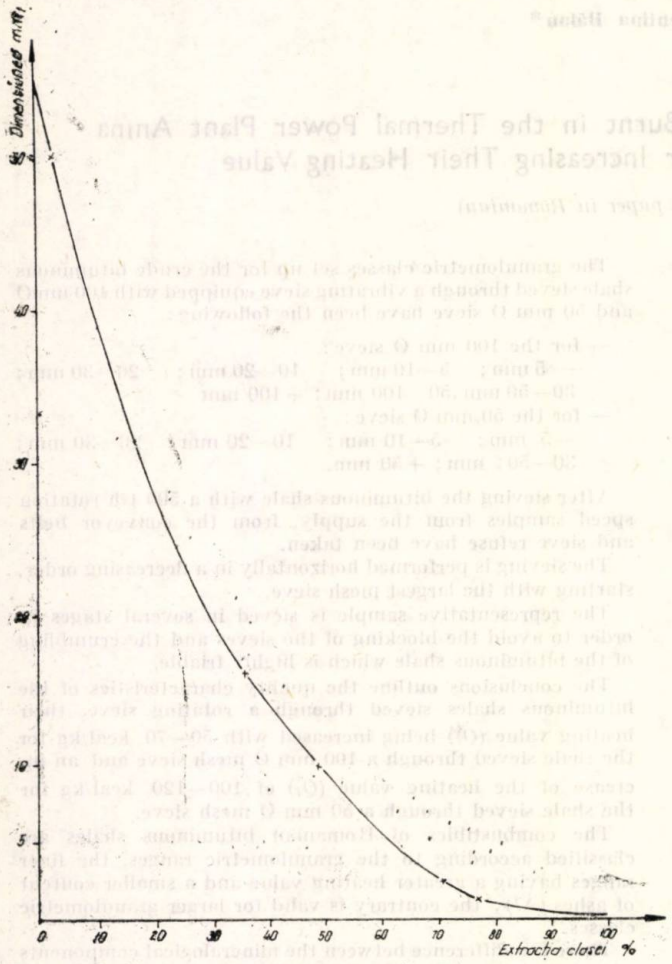


Fig. 1. Curba granulometrică a șistului 0—100 mm.

Îmbunătățirea calității șistului pe această cale va duce la mărirea economicității și siguranței în funcționare a instalației de cazan, prin reducerea cotei de participare a păcurii în procesul de ardere a șistului, proporțional cu creșterea puterii calorifice a șistului și mărirea duratei de funcționare a instalațiilor de măcinare și de evacuare gaze de ardere, proporțional cu reducerea procentului de siderită din șist.

Extracția s-a realizat din treptele 700, 680, 660 m, profilele 10, 14, 23, pe înălțimea de 20 m, din zona carierei Anina, care va alimenta primul bloc energetic, în colaborare cu IMESBA.

1. Instalația de îmbogățire a șistului cu ciur rotativ (fig. 2)

Folosind în mare măsură principiul măcinării autogene, combinat cu eliminarea imediată a granulelor de dimensiuni mici, prepararea

Tabelul 1

Succesiunea straturilor de șist bituminos, a intercalațiilor de cărbune și siderită pe toată lungimea frontului de lucru

Intervalul [m]	Intercalația [m]	Intercalația [%]	Minerale componente
— 2,00	2,00	6,25	Șist marnos friabil cenușiu
2,00—3,20	1,2	3,75	Argilă marnoasă
3,20— 3,50	0,30	0,94	Cărbune (huilă)
3,50— 5,70	2,20	6,87	Gresie slab micacee cu intercalații de șist
5,70— 5,90	0,20	0,62	Bandă de siderită compactă
5,90—11,80	5,90	18,43	Șist bituminos friabil, fisurat, negru cu luciu grezos, prezentîndu-se foarte mărunțit
11,80—13,80	2,00	6,25	Șist bituminos sideritic compact, negru lucios, sub formă de bucăți mari
13,80—18,20	4,40	13,75	Șist bituminos fragmentat cu luciu intens, avînd zone cărbunoase
18,20—19,00	0,80	2,51	Bandă de siderită compactă slab alterată
19,00—23,30	4,30	13,44	Șist friabil, cafeniu-negricios cu zone alterate
23,30—24,00	0,70	2,18	Bandă de siderită compactă
24,00—28,00	4,00	12,50	Șist bituminos foios negru lucios, foarte mărunțit
28,00—28,30	0,30	0,95	Șist argilos
28,30—30,00	3,70	11,56	Șist compact în bucăți mari

în ciurul rotativ se preconizează să asigure avantajele certe atît în ceea ce privește selectivitatea, cît și supramăcinarea limitată.

Ciurul rotativ are următoarele caracteristici principale :

— diametrul: 2,8 m ;

— lungimea utilă: 3,5 m ;

— turații : 18 rotații pe minut ;

— sistem de acționare : motor electric-reductor roată dințată ;

— capacitate de prelucrare : minimum 150 t/h, maximum 500 t/h.

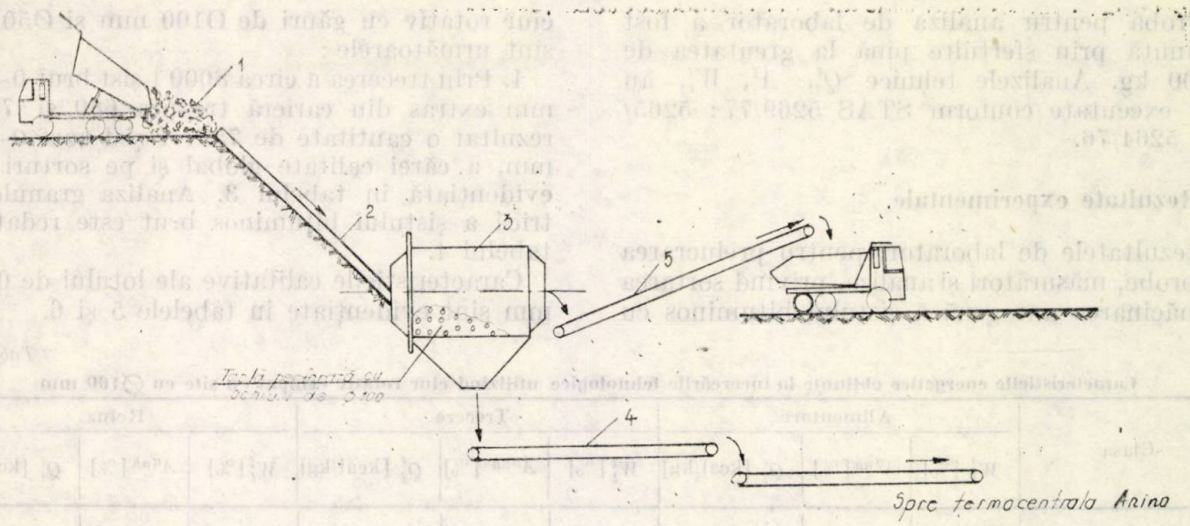


Fig. 2. Fluxul tehnologic al instalației semi-industriale de sfărîmare selectivă cu trommel concasor (ciur rotativ): 1 — șist bituminos brut; 2 — jgheab alimentare; 3 — tromel concasor; 4 — șist bituminos pentru termocentrală; 5 — refuz tromel.

2. Prelevarea probelor de șist bituminos

2.1. Prelevarea probelor elementare de la alimentare, trecere și refuz ciur rotativ

Pentru alimentare ciur rotativ prelevarea s-a făcut din basculante conform STAS 1372/76 din cinci puncte în diagonală, iar pentru trecere și refuzul ciurului, de pe benzile transportoare la capătul de deversare al benzilor.

Pentru șistul bituminos cu dimensiunea maximă a granulelor >150 mm, masa minimă a probei reprezentative a fost de 2000 kg.

Probele elementare de șist bituminos s-au luat din șistul în mișcare de pe benzile de transport în timpul încărcării și din mijloace de transport, din autobasculante de 10 t.

Din mijloacele de transport, autobasculante, probele elementare s-au luat din 5 puncte uniform distribuite, de la adîncimea de 1/2 m.

2.2. Analiza granulometrică

Pentru determinarea compoziției granulometrice, metoda a constat în determinarea claselor sau a sorturilor granulometrice, după dimensiuni care intră în compunerea probelor reprezentative, prin trecerea integrală a acestora prin ciururi acționate manual în plan orizontal.

Clasele granulometrice stabilite pentru șistul bituminos brut și trecut prin ciurul vibrant cu site de Ø100 mm și Ø50 mm au fost următoarele:

— pentru Ø100 mm: —5 mm; 5—10 mm; 10—20 mm; 20—30 mm; 30—50 mm; 50—100 mm; +100 mm;

— pentru Ø50 mm: —5 mm; 5—10 mm; 10—20 mm; 20—30 mm; 30—50 mm; +50 mm

S-a considerat că clasei granulometrice —5 mm îi aparține șistul bituminos care trece integral prin ciurul (R : 5), iar clasei granulometrice +100 îi aparține șistul bituminos reținut pe ciurul R : 100 mm.

Tabelul 2

Mărimea probelor elementare funcție de mărimea granulelor, precum și mărimea probei reprezentative

Caracteristici	Mărimea ochiurilor sitei						
Mărimea granulelor, mm	150	100	50	30	20	10	5
Masa minimă a probei elementare, kg	100	60	20	15	10	3	2
Masa minimă a probei reprezentative, kg	1500	900	300	150	100	30	28

3. Modul de lucru

Proba de șist bituminos extrasă din carieră, se basculează în ciurul rotativ, după ce în prealabil s-au prelevat probe, conform punctului 2.1.

După trecerea șistului prin ciur (500 t/h) se recoltează probe din trecere de pe benzile respective.

Pentru determinarea granulometrică, proba reprezentativă s-a trecut prin ciururile specificate la pct. 2.2.

Ciuruirea s-a făcut în plan orizontal, în ordine descrescîndă, începînd cu sita cu dimensiunile ochiurilor cele mai mari.

Cernerea probei reprezentative s-a făcut în mai multe etape, pentru a se evita blocarea ciururilor și mărunțirea șistului bituminos, care este foarte friabil. S-a ținut cont ca ciururile să fie în stare perfectă, curățate și uscate.

Ciururile mai mari de 80 mm, respectiv 100 mm și 200 mm, au fost supuse agitării, iar șistul bituminos a fost lăsat să treacă prin cădere liberă.

Proba pentru analiza de laborator a fost obținută prin sfertuire pînă la greutatea de 4,700 kg. Analizele tehnice Q_i^i, A^i, W_t^i, au fost executate conform STAS 5269/77; 5265/76; 5264/76.

4. Rezultate experimentale

Rezultatele de laborator, pentru prelucrarea de probe, măsurători și analize, privind sortarea și măcinarea autogenă a șistului bituminos cu ciur rotativ cu găuri de Ø100 mm și Ø50 mm sînt următoarele:

1. Prin trecerea a circa 8000 t șist brut 0—700 mm extras din carieră treapta 680 și 700 a rezultat o cantitate de 7537 t șist sort 0—100 mm, a cărei calitate global și pe sorturi este evidențiată în tabelul 3. Analiza granulometrică a șistului bituminos brut este redată în tabelul 4.

Caracteristicile calitative ale lotului de 0—50 mm sînt evidențiate în tabelele 5 și 6.

Tabelul 3

Caracteristicile energetice obținute la încercările tehnologice utilizînd ciur rotativ echipat cu site cu ⌀100 mm

Clasa	Alimentare			Trecere			Refuz		
	W_t^i [%]	A^{anh} [%]	Q_i^i [kcal/kg]	W_t^i [%]	A^{anh} [%]	Q_i^i [kcal/kg]	W_t^i [%]	A^{anh} [%]	Q_i^i [kcal/kg]
0—100	9,6	76,0	1170	5,80	73,7	1208	2,7	88,9	118
0—100	8,4	77,0	1230	7,5	76,7	1260	1,4	90,3	192
0—100	10,6	79,5	810	11,9	78,6	822	7,0	89,8	381
0—100	10,7	79,3	840	14,7	79,0	860	6,1	83,5	470
0—100	6,5	79,6	690	8,6	79,3	720	3,4	96,3	44
0—100	5,7	77,5	880	7,3	77,2	900	2,5	85,3	210
0—100	4,9	83,7	650	8,5	81,9	716	3,3	88,3	183
0—100	5,9	75,6	1014	9,7	74,8	1120	8,5	85,7	265

Analiza granulometrică a șistului bituminos brut

Tabelul 4

Clasa granulometrică	Cantitatea [kg]	Cantități cumulate [%]	Umiditate			Q_i^i [kcal/kg]	A^{anh} [%]	Conținut de Fe [%]
			W_i [%]	W_h [%]	W_t [%]			
+80	6,8	100,0	3,3	1,2	4,5		74,2	15,1
80—50	7,4	93,2	6,3	1,2	7,4		76,5	12,1
50—20	12,8	85,8	8,8	1,4	10,1		80,4	10,8
20—0,5	58,7	73,0	11,2	1,9	12,9		78,2	4,9
—0,5	14,3	14,3	11,9	2,0	13,7		76,2	1,3
Total	100,0		10,1	1,7	11,7	850	77,8	6,35

* Conținut de siderită = 15,1 %

Tabelul 5

Caracteristicile energetice pe sorturi granulometrice alimentare ciur echipat cu sită de ⌀ 50 mm

Granulație [mm]	Pondere [%]	W_t^i [%]	A^i [%]	A^{anh} [%]	Q_i^i [kcal/kg]	Q_s^{mc} [kcal/kg]	Fe_2O_3 [%]
—5	24,63	6,68	69,96	76,61	931	5011	7,96
5—10	10,62	6,26	72,66	77,51	862	4675	9,95
10—20	15,65	7,13	72,40	77,96	781	4431	13,52
20—30	7,12	5,49	73,61	77,83	787	4320	17,11
30—50	6,51	6,13	74,60	79,49	626	3834	17,91
50—100	7,69	6,37	71,41	76,68	670	3678	25,27
+100	28,32	4,37	76,36	79,85	190	1528	17,11

Caracteristicile energetice pe sorturi granulometrice trecere la ciur echipat cu sită de ⌀ 50 mm

Tabelul 6

Granulație [mm]	Pondere [%]	W_t^i [%]	A^i [%]	A^{anh} [%]	Q_i^i [kcal/kg]	Q_s^{mc} [kcal/kg]	Fe_2O_3 [%]
—5	58,03	5,47	71,53	75,67	855	4264	3,98
5—10	19,82	5,90	74,88	79,58	765	4569	9,35
10—20	15,36	3,79	76,11	79,11	723	4112	11,98
20—30	3,93	2,79	76,98	79,19	704	3970	13,53
30—50	2,86	3,95	78,71	81,95	522	3553	9,75
+50	—	—	—	—	—	—	—

Tabelul 7

Analiza granulometrică a șistului, clasa 0—100 mm

Clasa	Extracția clasei [%]		Conținut de cenușă [%]	Conținut de Fe [%]
	simplu	cumulat		
+50	3,00	3,00	74,80	5,86
40—50	5,72	8,73	76,00	6,53
30—40	2,23	10,96	76,00	6,53
20—30	9,04	20,00	76,00	6,53
10—20	11,03	31,03	77,20	2,92
5—10	18,76	49,79	76,90	2,81
3—5	14,90	64,69	77,30	3,15
2—3	0,32	65,01	75,50	3,59
1—2	6,00	71,01	75,60	3,37
0,5—1	6,53	77,54	75,20	3,12
0,25—0,50	4,48	82,02	75,60	2,90
0,16—0,25	2,82	84,84	75,70	3,15
0,10—0,16	1,41	86,25	76,20	3,51
0,08—0,1	1,52	87,77	77,10	2,50
0,063—0,08	0,64	88,41	77,00	3,12
0,043—0,063	0,85	89,26	78,40	3,70
—0,043	10,74	100,00	81,40	3,01

Tabelul 8

Compoziția mineralogică a șistului brut din cariera Anina pe sorturi granulometrice

Componente mineralogice	Formula chimică	Clase granulometrice [mm]		
		0—100, %	0—200, %	0—300, %
caolinit	$Al_2/Si_2O_{10}/(OH)_8$	46,5	48,5	49,0
sericit	$K_1Al_2(Si, Al)_4O_{10}(OH)_2$	12,5	13,0	12,0
cuarț	SiO_2	12,5	12,5	11,5
feldspați	$Na/AlSiO_3/Ca/Al_2Si_2O_8$	sub0,5	sub0,5	sub0,5
siderită	$FeCO_3$	7,5	8,0	9,0
limonit	$Fe_2O_34H_2O$	~0,5	~0,8	~1,0
pirite	FeS_2	~0,5	~0,5	~1,5
oxizi de titan	TiO_2	1,0	1,0	1,0
dolomit	$Ca, Mg(CO_3)_2$	1,0	1,0	1,0
substanțe organice	substanțe bituminoase substanțe cărbunoase	17,5	14,0	14,5

Concluzii

1. Loturile de șisturi bituminoase destinate alimentării CTE Anina, treptele 700—680 m și 660 m, trecute prin ciur rotativ, au prezentat următoarele caracteristici energetice :

— pentru șisturile trecute prin sita Ø 100 mm $Q_i^i = 883$ kcal/kg în intervalul de încredere 788—970, $A^{anh} = 77{,}73\%$ în intervalul de încredere 76—79,4, $W^i = 11{,}26\%$ în intervalul de încredere 14,89—5,82 ;

— pentru șisturile trecute prin sita Ø 50 mm : $Q_i^i = 1026$ kcal/kg în intervalul de încredere 905—1148, $A^{anh} = 76{,}1\%$ în intervalul de încredere 74,19—78,0, $W_i^i = 10{,}54\%$ în intervalul de încredere 8,54—12,13.

Creșterea puterii calorifice în trecut (0—100 mm) cu destinație CTE Anina a fost de 40—80 kcal/kg cu scăderea conținutului de cenușă A^{anh} de circa 2%.

Pentru sortul 0—50 mm creșterea puterii calorifice este de 100—150 kcal/kg cu o scădere a cenușii A^{anh} de circa 4%.

2. Masa combustibilă (MC) a șisturilor bituminoase din cariera Anina treptele 660, 680 și 700 m, care va alimenta primul grup energetic de la IE Anina este diferențiată pe clase granulometrice (tabel 8).

Clasele mai fine, avînd o putere calorifică mai mare și o cenușă (A^i) mai mică și invers pentru clasele granulometrice mai grobe (vezi tabelul 5 și tabelul 6).

3. Există o diferență între componenții mineralogici (siderită) în șistul brut din carieră și șistul trecut prin ciurul atît pentru sortul 0—100, cît și pentru sortul 0—50 mm.

Siderita compactă se micșorează cu circa 25—30% pentru ambele sorturi.

4. Analiza granulometrică a șisturilor 0—100 mm (fig. 1 și tabelul 7), șisturile la alimentare și trecere ciur rotativ, echipat cu site Ø 100 mm și Ø 50 mm, confirmă creșterea puterii calorifice spre clasele granulometrice mai mici (vezi tabelele 4, 5, 6).

În ceea ce privește conținutul masei, acesta este diferit în funcție de compoziția calitativă (mineralogică) a cenușii șistului de alimentare (brut).

5. Analizele mineralogice evidențiază prezența sideritei atît în aglomerări compacte, cît și intim asociate cu mineralele argiloase, cuarț, sericit și material organic.

Bibliografie

[1] ASTM-D 2015 *Standard method for gross calorific value of solid fuel by the adiabatic bomb calorimetry.*

[2] ASTM 197—80. *Sampling and fineness test of pulverised coal.*

[3] STAS 3228/71. *Cărbuni. Determinarea granulației.*

(Primit la 21 ianuarie 1985, acceptat la 26 februarie 1985)

100 de ani de la elaborarea primului proiect de folosire complexă a Dîmboviței*

Cunoaștem puțin din activitatea de proiectare din secolul trecut, deoarece s-au păstrat rare documente tehnice din acea perioadă. Un astfel de document ** este acela intitulat „Proiect pentru distribuțiunea apei în oraș" *** care include și soluția centralei hidromecanice-hidroelectrice București — Grozăvești, pe riul Dîmbovița, la intrarea în oraș, care a fost construită și pusă în funcțiune în 1889. A folosit peste 20 de ani la pomparea apei potabile în oraș și la primul iluminat electric stradal în București, al unor artere de circulație importante.

Proiectul, remarcabil ca întocmire, conform exigențelor inginerești, și mod de prezentare, poartă data de 15 decembrie 1885.

A fost elaborat în cadrul Primăriei orașului București, Direcția lucrărilor tehnice, de inginerul cap director al Lucrărilor tehnice ale orașului, N. Cucu St. (Starostescu).

Cuprinde 3 volume : 1. Memoriu justificativ. 2. I-a categorie de lucrări și 3. A II-a categorie de lucrări. Fiecare din părțile I și II conține : Caiet de sarcini. Antemăsurătoare, Seria de prețuri, Stimațiune. Condițiuni generale. Cele 3 volume sînt tipărite format 24/36 cm, în București, de Tipografia Carol Göbl, Strada Doamnei, 14, 1885 și sînt redactate în românește și franțuzește, fiecare text ocupînd cîte o jumătate pagină ; în total volumul 1 are 55 pagini și o planșă, volumul 2—106 pagini, iar volumul 3—90 pagini ; hîrtia este densă, de bună calitate ; primele două volume sînt în foarte bună stare, pe cînd al treilea are tendință de degradare.

Primul volum cuprinde următoarele subtitluri : Istoric. I. Aducerea apelor ; II. Distribuțiunea Apelor ; a) Proiectul Bürkli—Ziegler, b) Noul proiect. Istoricul sintetizează acțiunile întreprinse spre a se rezolva problema importantă a asigurării alimentării capitalei cu apă potabilă de bună calitate, punîndu-se capăt folosirii directe a apei din Dîmbovița și din puțuri, ambele surse mult infectate.

Pe baza proiectelor specialiștilor străini Culmann și Ziegler, din 1879, au fost începute lucrările de captare din Dîmbovița, amonte de oraș, și de aducere a apei pînă la Grozăvești.

Proiectul de distribuție a apei în oraș, elaborat de aceiași autori, nu a fost însă pus în execuție din lipsă de fonduri. N. Cucu Starostescu fiind numit director al Lucrărilor tehnice, a constatat deficiențe ale proiectului, ceea ce a determinat Primăria să ceară avizul specialistului W. H. Lindley. N. Cucu afirmă : „Pe aceste noi baze (recomandate de Lindley) am întreprins, în urma ordinului d-lui Primar, proiectul de distribuțiune ce presint". Deci acest nou proiect de mare amploare a avut o contribuție a unui inginer român.

Nu vom dezvolta ideile proiectului în ceea ce privește distribuția apei, dar ne vom opri la partea energetică expusă sub titlul : „Elevațiunea apei, gravitațiune, machine elevatore".

Pentru distribuirea apei în oraș se prevăzuse o stație de pompare la Grozăvești, echipată cu pompe acționate direct de turbine hidraulice ; era deci prevăzută o centrală hidromecanică. N. Cucu după studierea situației locale, propune o nouă soluție, prin care se poate realiza o putere de 540 CP, adică un exces de putere de 320 CP față de puterea de 200 CP necesară pompării. Excesul de putere îl „vom putea utiliza cu cel mai mare succes, fie la creațiunea unei stațiuni centrale de electricitate cu care să ne iluminăm splaiurile, bulevardele, grădinile etc. fie pentru a închiria industriei private pentru construcțiunea unei mori sau altele, pe tot timpul pînă se va simți necesitatea de a se spori volumul apei de distribuit în oraș". Urmează dezvoltarea de argumente pentru aceste soluții.

Este remarcabil că în 1885 (la 3 ani după ce începuse în lume punerea în funcțiune de centrale electrice) un inginer român propunea o stație centrală de electricitate. Centrala hidromecanică-hidroelectrică Grozăvești pusă în funcțiune pe Dîmbovița în 1889 răspundea, în parte, acestui deziderat.

Această centrală cuprindea în partea hidromecanică două (mai tîrziu trei) turbine cuplate direct cu pompe, iar în partea hidroelectrică o turbină cuplată cu două generatoare electrice de curent continuu 600 V. Turbinele de tip Girard, de 200 CP, erau de joasă cădere (circa 7,34 m) și aveau un debit de 2,8 m^3/s.

Generatoarele alimentau 100 lămpi cu arc, instalate, în principal, pe bulevardul de pe axa est-vest, recent deschis sub primariatul lui Emanuel Protopopescu-Pache și Șoseaua Kiseleff. Iluminatul electric stradal a produs o deosebită impresie populației.

Pe cînd la Timișoara în 1884 se adoptase soluția iluminatului stradal în principal cu lămpi cu incandescență, plus 16 lămpi cu arc, la București, în 1889, s-au introdus numai lămpi cu arc, în număr de 100, soluție impusă de lățimea arterelor cu circulație relativ intensă.

Pe teritoriul României, după Timișoara, Bucureștiul urma în introducerea luminatului electric stradal, cu deosebiri în ceea ce privește distribuția.

Se adoptase tensiunea de 600 V c.c. în eventualitatea alimentării și a primei linii de tramvai electric. Lămpile cu arc erau grupate cîte 10—12 în serie și racordate la această tensiune.

---

* Extras din lucrarea „Centenarul începuturilor electrificării mondiale și pe teritoriul României" de ing. Paul Cartianu, în manuscris.

** Acest document pare a fi un exemplar unic.

*** S-au păstrat în acest text exprimările din proiect.

La aceeași epocă (1888) la Timișoara, menținîndu-se distribuția pentru iluminatul stradal în sistem Brush, 2100 V c.c. se introducea și o distribuție în curent monofazat (sistem Ganz), la 42 Hz, la tensiune de 2 kV cu transformatoare coborîtoare la 100 V.

Frecvența de 42 Hz a fost practic generalizată în ținuturile transcarpatine, dependente de furniturile Ganz, iar Timișoara a trecut succesiv prin cîteva sisteme de distribuție : c.c. 2100 V, monofazat 2000/100 V, difazat, ambele la 42 Hz, trifazat 50 Hz.

Centrala Grozăvești cu toate că era de putere mică a fost îndelung timp folositoare orașului, asigurînd primul iluminat electric stradal de durată în București. De aceea nu a fost dezafectată cînd s-a pus în funcțiune centrala diesel electrică Filaret în 1908, cu putere de 1,62 MW, ci într-un raport din 1905, primarul consideră că „Această forță hidraulică fiind ieftină, Comuna are tot avantajul să o întrebuințeze cît mai mult" și pentru a realiza aceasta și-a rezervat dreptul ca bulevardele menționate să nu intre în perimetrul de alimentare al centralei Filaret.

Dar, prin punerea în funcțiune în 1912 a centralei termoelectrice Grozăvești cu putere inițială de 2 MW (proiect prof. D. Leonida), centrala hidromecanică-electrică Grozăvești a trebuit să-și înceteze existența. Canalul ei de aducțiune a rămas însă cu funcția de-a procura apa de răcire a noii centrale termoelectrice.

Tot pe amplasamentul de la Grozăvești au mai funcționat înainte de 1912 două centrale termoelectrice (a se vedea articolul „Din evoluția concepției și soluțiilor pentru alimentarea cu energie electrică a orașului București, în Energetica, nr. 2/1982, p. 83—86).

Această vocație de platformă energetică, a fost imprimată zonei Grozăvești, de inginerul N. Cucu Starostescu prin soluția prevăzută în proiectul de acum o sută de ani. De aceea merită să-l reamintim.

Autorul proiectului din 1885, N. Cucu Starostescu, s-a născut la 7 martie 1851 în București, a devenit inginer absolvind Școala de Punți, Mine și Arhitectură (înființată în 1867, modernizată în 1881).

Profesia de inginer a exercitat-o în mare parte la Primăria Municipiului București. A elaborat, pe lîngă proiectul de distribuirea apei potabile în capitală, și altele cîteva pentru orașe din provincie. A studiat variate probleme tehnice, rezultatele fiind publicate : „*Petrolul, derivatele și aplicațiile lor*", „*Cercetări asupra păcurei în România*" (cu A. Saligny/ 1891), „*Sur les pétrôles de Roumanie*" Paris, 1900, „*Sur le gaz naturel*" 1907, „*Sistematizarea orașului Turnu-Severin*". A elaborat lucrări cu caracter tehnico-științific cu „*Baurat*" A. Thiem din Leipzig citate în *Hidraulica* lui Forchheimer

Ing. Paul Cartianu

СОДЕРЖАНИЕ

ЛУЧЯ РОША, МАРИО ДУМА : Энергетика и социально экономическое развитие Румынии 289—291

ДУМИТРУ ДОБРИНЕСКУ, ВАСИЛЕ СОМОГИ, КОРНЕЛ ПЭТРАШКУ: Экономический метод по использованию остаточного потерянного тепла в технологических установках нефтезаводов (с изложением на английском языке) 292—297

ЛИВЮ КАНЧУ, НИКОЛАЕ ОПРИШИУ, КОНСТАНТИН ЗАМФИРА: Моделирование на цифровой ЭВМ процесса пуска в ход асинхронного трёхфазного двигателя и центробежной муфты 298—301

КОНСТАНТИН ХАЙДУК, МИОАРА МИРЯ: Исследование по использованию энергетических ресурсов в Предприятии для Химического Оборудования ,,Гривица Рошие'' — Бухарест и в Предприятии для уплотняющих прокладок и обшивок тормоза — Рымнику Сэрат (с изложением на английском языке) 302—308

ГЕОРГЕ ДЖОРДЖЕСКУ, ДАН МИХЭЙЛЕСКУ, ИОН РЕНЦЯ: Экспериментальное исследование элементов для определения этапов ,,АРЧ'' у потребителей, в случае перехода энергетических площадок в ,,островный режим'' 308—313

ДУМИТРУ ТАТУ, КСЕНОФОН ТРАНДАФИР: Изучение бетонов необходимых для гидротехнических сооружений на реке Олт 313—320

ГЕОРГЕ КОНСТАНТИН ХОБЯНУ: Изменение к.п.д. установки утилизационной турбины при изменении входной температуры 321—326

ВАЛЕНТИНА БЭЛАН: Качество битуминозных сланцев, используемых для снабжения ТЭС Анина и изготовительные технологии по увеличению калорийносту (с изложением на английском языке) 327—331

ИСТОРИК ЭНЕРГЕТИКИ

ПАУЛ КАРТИЯНУ: 100 лет с даты составления первого проекта комплексного использования реки Дымбовица 332—333

INHALTSVERZEICHNIS

LUCIA ROȘCA, MARIO DUMA : **Die Energiewirtschaft und die wirtschaftliche und soziale Entwichlung Rumäniens** 289—291

DUMITRU DOBRINESCU, VASILE SOMOGHI, CORNEL PĂTRAȘCU : **Eine hochwirtschaftliche Methode für die Rückgewinnung der Abwärme der technologischen Anlagen aus den Raffinerien (mit einer Kurzfassung in Englisch)** 292—297

LIVIU CANCIU, NICOLAE OPRIȘIU, CONSTANTIN ZAMFIRA : **Die Nachbildung des Anlassens eines Antriebes mit triphasischem Asynchronmotor und Fliehkraftkupplung auf einem Digitalcomputer** 298—301

CONSTANTIN HAIDUC, MIOARA MIREA : **Forschungen zur Rückgewinnung der wiederanwendbaren Energiequellen im Betrieb für den Bau von Anlagen für die Chemieindustrie ,,Grivița Roșie'' Bukarest und im Betrieb für Bremsbelägen und Dichtungen — Rîmnicu Sărat (mit einer Kurzfassung in Englisch)** 302—308

GHEORGHE GEORGESCU, DAN MIHĂILESCU, ION RENȚEA : **Die experimentelle Bestimmung der Elemente für die Festlegung des automatischen frequenzabhängigen Ladungsabwurfs beim Anwender im Falle des insularisierten Grossbetriebs** 308—313

DUMITRU TATU, XENOFON TRANDAFIR : **Das Studium der hydrotechnischen Betonarten für die hydroenergetischen Bauten auf dem Olt-Fluss** 313—320

GHEORGHE CONSTANTIN HOBEANU : **Die Wirkungsgradschwankung der Rekuperationsturbine während des Eintrittstemperaturwechsels** 321—326

VALENTINA BĂLAN : **Die Qualität der im Wärmekraftwerk Anina verbrannten bituminösen Schiefer und Aufbereitungstechnologien zur Erhöhung des Wärmeinhalts (mit einer Kurzfassung in Englisch)** 327—331

DIE GESCHICHTE DER ENERGIEWIRTSCHAFT

PAUL CARTIANU : **100 Jahre seit der Aufstellung des ersten Projektes für die vielseitige Anwendung des Dîmbovița Flusses** 332—333

SOMMAIRE

LUCIA ROȘCA, MARIO DUMA : **L'énergétique et le développement économico-sociale de la Roumanie** 289—291

DUMITRU DOBRINESCU, VASILE SOMOGHI, CORNEL PĂTRAȘCU : **Méthode fort économique pour récupérer la chaleur résiduelle des installations technologiques spécifiques aux raffineries (résumé en anglais)** 292—297

LIVIU CANCIU, NICOLAE OPRIȘIU, CONSTANTIN ZAMFIRA : **Simulation sur l'ordinateur numérique du démarrage d'une commande à moteur asynchrone triphasé et à embrayage centrifuge** 298—301

CONSTANTIN HAIDUC, MIOARA MIREA : **Recherches sur la récupération des ressources énergétiques renouvables faites à l'Entreprise d'outillage chimique ,,Grivița Roșie'' București et à l'Entreprise de garnitures de frein et d'étanchéité-Rîmnicu Sărat (résume en anglais)** 302—308

GHEORGHE GEORGESCU, DAN MIHĂILESCU, ION RENȚEA : **Détermination expérimentale des éléments nécessaires à l'établissement des tranches de déchargeurs automatiques de charge en fréquence au usager au cas du passage en régime insulaire des zones à grands usagers énergétiques** 308—313

DUMITRU TATU, XENOFON TRANDAFIR : **L'étude des bétons hydrotechniques pour les aménagements hydroénergétiques sur le cours de la rivière Olt** 313—320

GHEORGHE CONSTANTIN HOBEANU: **La variation du rendement de l'installation de turbine récupératrice, fonction de la modification de la température d'entrée** 321—326

VALENTINA BĂLAN: **La qualité des schistes bitumineux employés afin d'alimenter la centrale thermo-électrique CTE Anina et les technologies de fabrication en vue de l'augmentation du contenu calorifique (résumé en anglais)** 327—331

L'HISTORIQUE DE L'ENERGÉTIQUE

PAUL CARTIANU: **100 ans dès l'élaboration du premier projet sur l'emploi complexe de la rivière Dîmboviţa** 332—333

SUMMARIES

LUCIA ROŞCA, MARIO DUMA: **Energy and Romania's Economical and Social Development** 289—291

DC 621.577 : 662.99

DUMITRU DOBRINESCU, VASILE SOMOGHI, CORNEL PĂTRAŞCU: **A Highly Economic Method for the Waste Heat Recuperation from the Technological Installations of Refineries (with a short presentation in English)**

Two cooling heat recuperation systems of a liquid oil fraction are analized from an economical technical point of view, the heat being used for heating household water with a heat pump system and with a direct heat recuperation system. These two systems have been dimensioned technologically and the respective economical estimations have been performed, considering the investments and utilities consumptions. It has resulted that the direct recuperation system proposed is much more economic since it presents also the advantage of being built with own means, i.e. the simple operation advantage.

[Energetica 33 (1985), nr. 7, p. 292—297]

DC 621.313.333 : 681.322—181.4

LIVIU CANCIU, NICOLAE OPRIŞIU, CONSTANTIN ZAMFIRA: **The Simulation on a Digital Computer of a Triphasic Asynchronous Motor and Centrifugal Coupling Drive**

The paper presents a mathematical model of a triphasic asynchronous motor and centrifugal pellet and hydraulic coupling drive and a calculation program for simulating the starting of such a drive.

[Energetica 33 (1985), nr. 7, p. 298—301]

DC 669.041—621.311.18 : 662.99

CONSTANTIN HAIDUC, MIOARA MIREA: **Studies Regarding the Recuperation of Reusable Energy Sources at the Chemical Equipment Enterprise "Griviţa Roşie" Bucharest and the Enterprise for Brake Facings and Sealing Rîmnicu Sărat (with a short presentation in English)**

The object of studies carried out by the authors with the "Griviţa Roşie" Enterprise were 16 industrial ovens and seven steam boilers from the thermal power plant Griviţa Roşie, and at Rîmnicu Sărat Enterprise, two steam boilers CR—9 and two thermal calanders compressors cooling networks.

The results of the studies carried out on these installations outlining the important heat recuperation possibilities with the mentioned installations are presented.

The heat recovery solutions adopted for every case and seven specialized calculation programs for the heat recuperation installations for implementation on a computer IBM 360 are mentioned.

By applying the results of the mentioned studies a total fuel saving of 4595 tce/year are obtained.

The results of these studies as well as the specialized calculation programs carried out have a larger application area within similar enterprises.

Energetica 33 (1985), nr. 7, p. 302—308]

DC 621.311.001.64

GHEORGHE GEORGESCU, DAN MIHĂILESCU, IOAN RENŢEA: **Experimental Determination of the Elements Needed for the Automatic Frequency Load Discharge Sections Establishing with the Consumers in the Case of the Large Energy Consumers Insularization**

The paper presents a low difficulty degree experimental method for the determination of a given energetic platform characteristical parameters.

The correct establishing of the value and control of automatic frequency load discharge sections with the consumer is decisively conditioned by the exact knowledge of these parameters and is carried out by calculations.

[Energetica 33 (1985), nr. 7, p. 308—313]

DC 621.311.21.005

DUMITRU TATU, XENOFON TRANDAFIR: **The Study of Hydrotechnical Concretes for Hydroenergy Constructions on the Olt River**

The hydroelectrical constructions scheme on the Olt river are presented, the main researches on the constructions and the volume of work are mentioned. The researches about the local sources meant to provide qualitatively suitable facilities as well as the characteristics of the cements, of the additives and ingredients used considering the specific quality requirements imposed for hydrotechnical concretes.

The hydroenergetic constructions on the Olt river have been built with concrete obtained by technical and economic studies, using local facilities sources and minimal admissible cement doses. The paper presents the researches on the suitable compositions for the specific conditions, for the six main concrete types. The technical problems of the massive concrete are outlined as well as the entire technical and technological measures adopted for limiting the thermal efforts and for avoiding the cracking of concrete. A series of measures meant to contribute to the works' costs decrease, to the enclosed energy consumption diminishing under the circumstances of providing the constructions' life duration and reliability are mentioned.

[Energetica 33 (1985), nr. 7, p. 313—320]

DC 621.165 :621.3.046.2

GHEORGHE CONSTANTIN HOBEANU: **The Efficiency Variation of the Recuperating Turbine Installation at the Input Temperature Change**

The paper presents an original method which enables the analytical determination of the recuperating turbine installation performances at the input temperature change. Calculation relations demonstrated by numerical applications are presented.

[Energetica, 33 (1985), nr. 7, p. 321—326]

DC 621.311.22/23 : 662.67

VALENTINA BĂLAN: **The Quality of the Bituminous Shales Burnt at the Thermal Power Plant Anina and Treatment Technologies for Their Heating Value Increase (with a short presentation in English)**

In order to built efficient bituminous shales treatment installations in the mine and at the shale supply household of the thermal power plant Anina, within the studies carried out so far a qualitative upgrading of the shale has been achieved by using the rotating sieve for selective mechanical sieving and autogenous partial crushing in order to obtain a 0—100 mm granulometric class.

This operation is meant to increase the shale's heating value by 40—80 kcal/kg, to decrease by 1/3 of the siderite content, improving thus the handling, transport and burning conditions of the shale.

[Energetica 33 (1985), nr. 7, p. 327—331]

THE HISTORY OF ENERGETICS

PAUL CARTIANU: **100 Years Since the First Design for the Complex Use of the Dîmboviţa River** 332—333

COLEGIUL DE REDACȚIE

Președinte, redactor responsabil : **dr. ing. Călin Mihăileanu**

Redactori responsabili adjuncți : **dr. ing. Nicolae Armencoiu, dr. ing. Gheorghe Bălan**

Secretar de redacție : **dr. ing. Eugeniu Pavel**
Gestiune financiară : **ec. Gheorghe Ursache**

Orientări în energetică : **dr. ing. Mario Duma**
Energetica în unități economice : **ing. Ion Măiereanu**
Dezvoltarea sistemelor energetice : **dr. ing. George Manolescu**

Conducerea și automatica SE : **dr. ing. Victor Romert, dr. ing. Jean Constantinescu**

Centrale termoelectrice : **conf. dr. ing. Costin Moțoiu, ing. Romeo Zbarcea, dr. ing. Teodor Popa, ing. Horia Furtunescu**

Centrale hidroelectrice : **dr. ing. Gheorghe Luca**
Centrale nuclearoelectrice : **ing. Adrian Georgescu**
Rețele electrice : **ing. Dinu Voinea, ing. Nicolae Georgian**
Alimentare cu căldură : **ing. Nicolae Niculescu**
Surse și tehnologii noi : **dr. ing. Alexandru Florescu**
Tehnologii chimice în energetică. Poluare : **dr. chim. Maria Maftei**

Organizarea muncii : **ing. Miron Popescu, ing. Dan Iosifescu**
Istoria energeticii : **ing. Paul Cartianu**
Buletin informativ : **ing. Mihai Nistor, ing. Romulus Sfichi**

Centre universitare și industriale :
București : **conf. dr. ing. Alexandru Selischi**
Iași : **prof. dr. ing. Alexandru Poeată**
Timișoara : **prof. dr. ing. Viorel Negru**
Cluj : **conf. dr. ing. Silviu Darie**

Revista „ENERGETICA" este editată și administrată de Institutul de Cercetări și Modernizări Energetice prin Oficiul de Informare Documentară pentru Energetică. **Vasile Pleșca** — șef OIDE, **Ana Maria Chivu** — redactor

Revista ENERGETICA este publicație lunară devotată preocupărilor spirituale și realizărilor materiale în domeniul energeticii.

În revista ENERGETICA se publică :

Articole

Informații referitoare la : publicații recente (cărți, reviste), noutăți științifice și tehnice, invenții și inovații, experiență de exploatare, realizări remarcabile, manifestări tehnico-științifice naționale și internaționale (congrese, conferințe, simpozioane), titluri de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse : cronici, recenzii, discuții la articole publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuțiilor în jurul meselor rotunde.

Instituțiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 — BN R.S.R. Fil. Sector 3. Costul unui abonament : 144 lei anual ; costul unui exemplar : 12 lei.

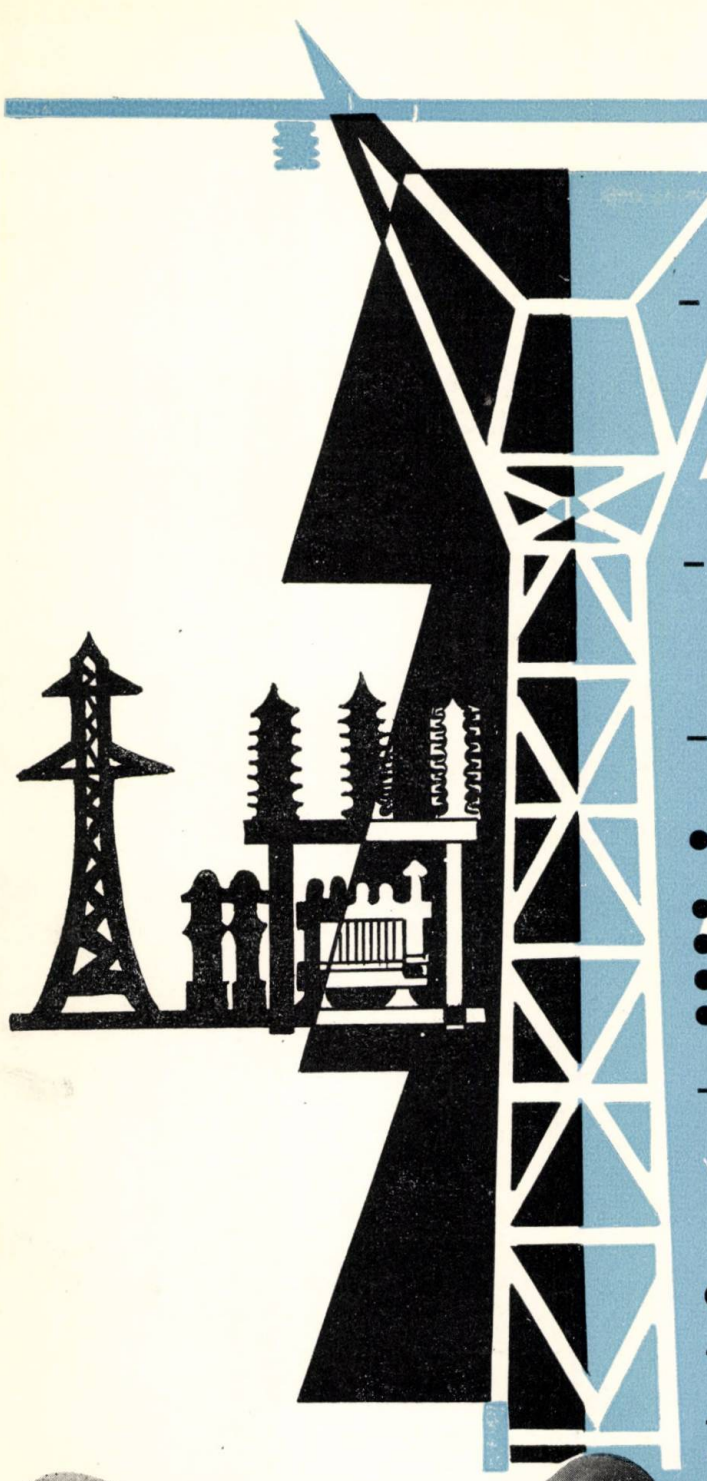
41 401

ANNOUNCEMENTS FOR READERS ABROAD

- **The review "Energetica" can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages**
- **The review "Energetica" proposes a publication exchange with similar reviews and in relating fields**
- **The review "Energetica" provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well**
- **The review "Energetica" publishes on request from authors abroad reports of energy or other materials : technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia, etc. written in one of the worldwide spoken languages**
- **Readers from abroad can subscribe through : ILEXIM, Departamentul Export-Import Presă, P.O.Box 136—137, telex 11226, București, Str. 30 Decembrie, nr. 3.**

Redacția și administrația : București 79619, Bd. Energeticienilor nr. 8, sect. 3
Telefon : 20.67.30, 21.46.30

Tiparul : Întreprinderea Poligrafică „Informația", București, str. Brezoianu 23—25, c. 1185



REZISTENȚA DE AMORTIZARE DE ÎNALTĂ TENSIUNE

– Rezistență de amortizare de înaltă tensiune se montează în circuite de IT pentru amortizarea vîrfurilor de tensiune de înaltă frecvență, care apar în condițiile de exploatare a instalațiilor, evitîndu-se străpungerile eventuale din circuit, în care sînt montate armături.

– Rezistența de amortizare de înaltă tensiune este folosită pentru protejarea cablului și a aparatajului din circuitul de IT, în cazul apariției accidentale a unor șocuri de supratensiune.

– Acest tip de rezistență permite obținerea următoarelor avantaje, raportate la orice alt tip de rezistență :

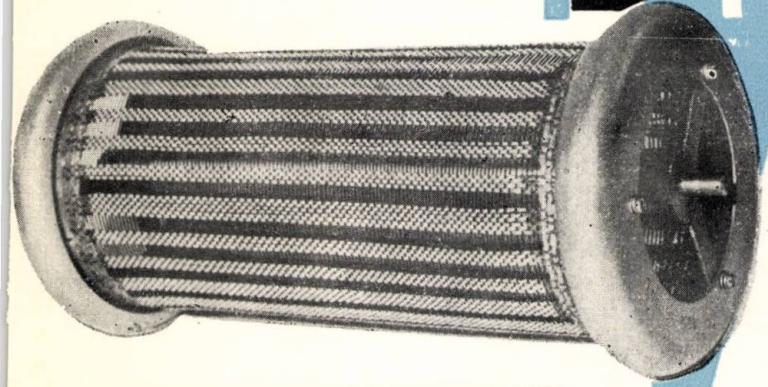
- anularea reactanțelor inductive și capacitive parazite ;
- capacitate mare de încărcare la suprasarcină;
- rezistență mare la șocuri ;
- condiții simple de montare ;
- funcționare sigură în prezența uleiului și a altor lichide electroizolante.

– Rezistențele de amortizare de înaltă tensiune sînt realizate de ICEMENERG prin Secția service de probe și măsurători termomecanice și pot fi livrate la solicitarea beneficiarilor la prețul de 8500 lei/bucata.

Caracteristici tehnice :

– Rezistența electrică – conform cererii beneficiarului
– Tensiunea de alimentare . . . . 110 kV
– Curentul maxim . . . . . max. 5 A
– Temperatura mediului . . . . max. 100°C
– Umiditatea relativă . . . . . : 90%
– Dimensiuni geometrice principale :
  - lungimea rezistenței . . : max. 800 mm
  - diametrul calotei . . . : Ø 150, Ø 210, Ø 300 mm

– Suportul textil : tub flamat de sticlă
– Tija suport : teflon
– Calotele de radiații : dural
– Bolțurile de fixare : OL cadmiat
– Greutatea de fixare : OL cadmiat
– Greutatea : max. 5 kg (în funcție de dimensiunile geometrice și electrice solicitate).



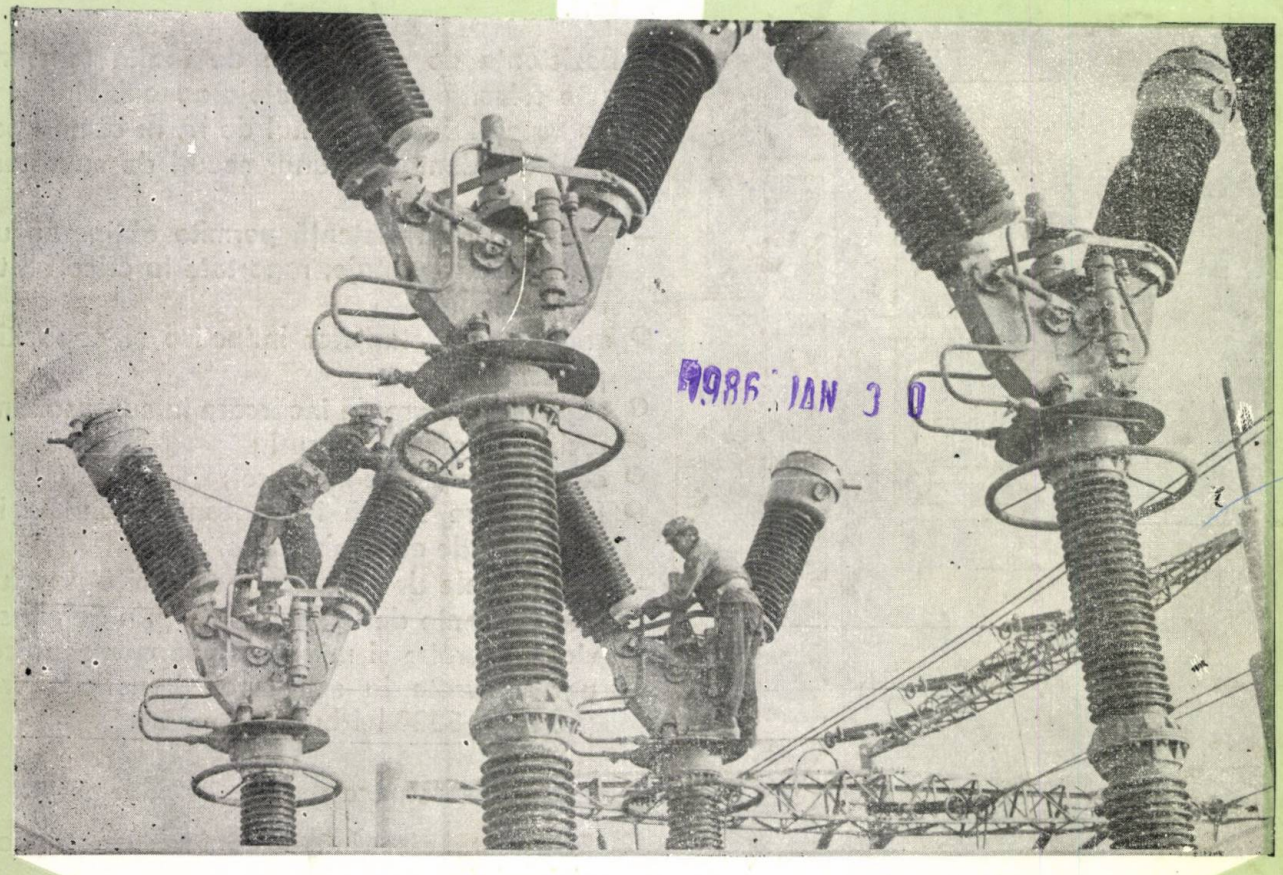
ICEMENERG

ROMELECTRO

FOREIGN TRADE COMPANY

1, Lacul Tei Blvd.
Bucharest, ROMANIA
P.O. Box 1-736
Cable : ROMELECTRO Bucharest
Telex : 10449 roel r
Phone : 10. 33. 25 ; 10. 25. 35

GENERAL CONTRACTOR ● POWER PROJECTS ● CONSULTING
● ENGINEERING ● EXPORT ● IMPORT



1986 JAN 30

Romelectro Foreign Trade Company carries out services in the power field ranging from studies and designs up to projects commissioning.

Exports

- **Studies, designs, technic assistance, experts' accounts in the power field as well as other specific engineering jobs ;**
- **Transformer and distribution substations and points ;**
- **High, medium and low voltage lines ;**
- **Rural electrification equipment ;**
- **Erection and assembling of power projects carried out abroad for thermo and hydropower stations, special civil works (cooling towers chimneys), dams, hydrotechnical constructions etc., export and transit of electric power ;**
- **Towers and fittings for the high, medium and low voltage lines ;**
- **Urban transport networks for trolley-buses.**

E 2039

MW

R 1985 OKT 1 1

Energia 8

100 de ani de energetică românească

Cuprinsul

REFERÁLVA

VIOREL GRIGORIU: **Îmbunătățirea metodelor practice de calcul al efectelor termice ale curenților de scurtcircuit** (*cu prezentare în limba engleză*) 337

EUGEN CREȚU: **Curățirea chimică și pasivizarea suprafețelor interioare ale țevilor subansamblurilor cazanelor de abur prin metoda semistatică** 346

ION ISTRATE: **Cauze și interpretări de vibrații ale mașinilor energetice** (*cu prezentare în limba engleză*) 354

ANTON ROȘU: **Preîncălzitoare de aer cu tuburi termice pentru cazane de abur** 358

SABIN BUDU, ANA APOSTOIU, ZAHARIA DRINOVAN: **Probleme actuale de chimie a materialelor de construcție la centralele hidroelectrice** (*cu prezentare în limba engleză*) 370

DOINA MORARU: **Criterii pentru estimarea costurilor limită ale captatoarelor solare** (*cu prezentare în limba engleză*) 376

INVENȚII-INOVAȚII 379

DIN ISTORIA ELECTRIFICĂRII 380

RECENZIE 381

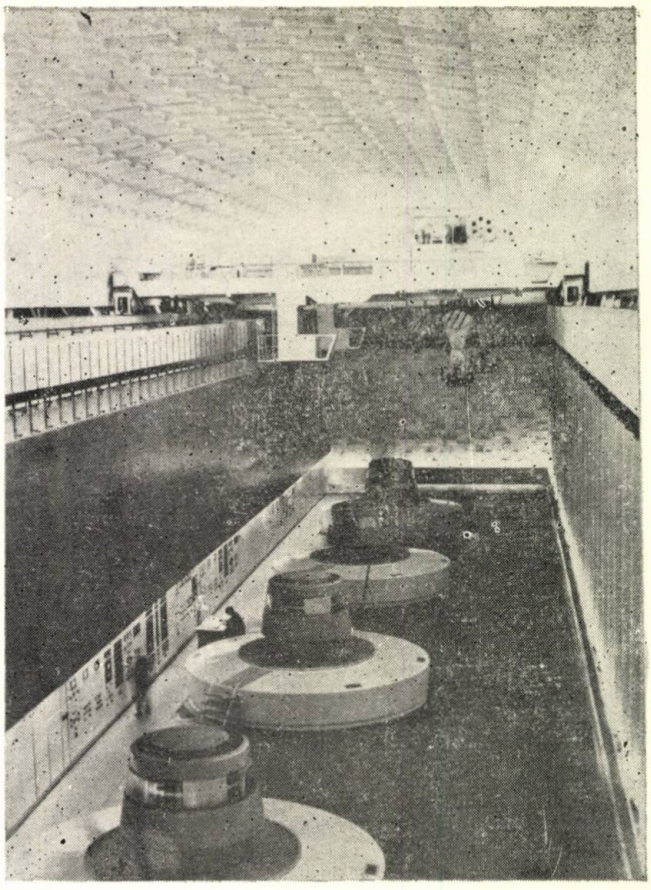
VOLUMUL XXXIII
BUCUREȘTI
AUGUST 1985

energetica

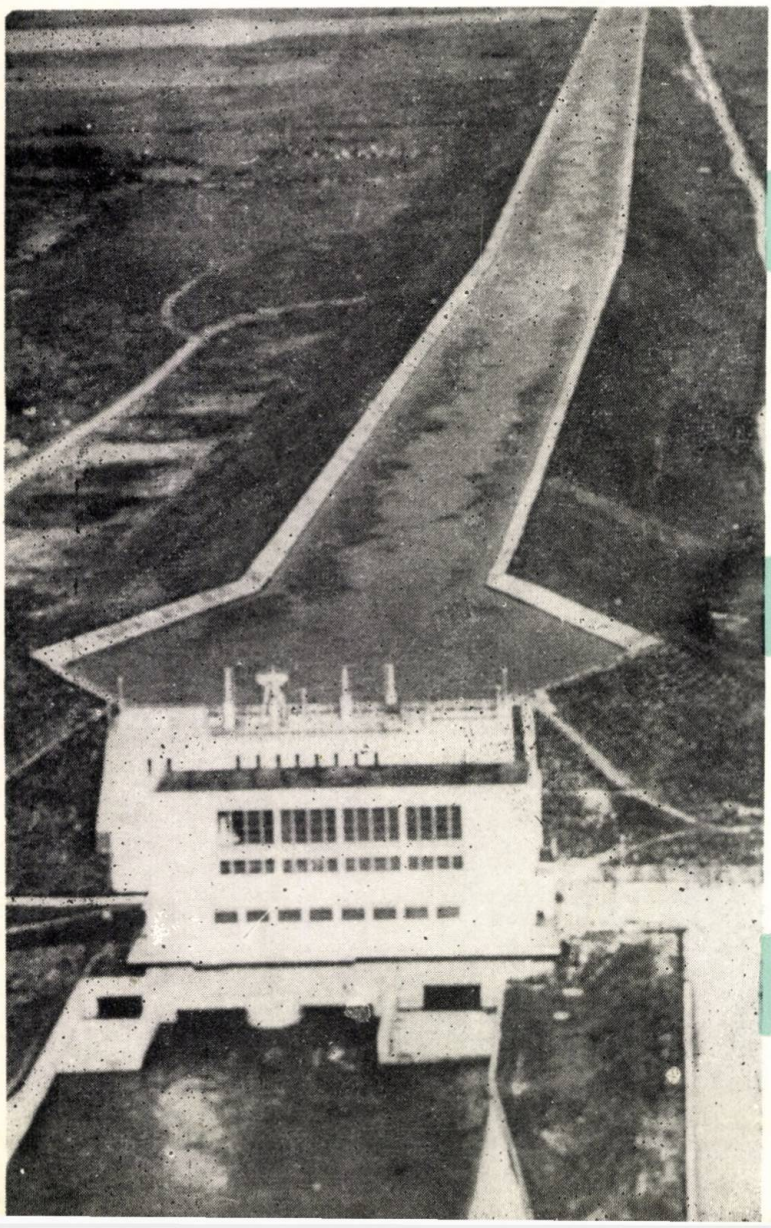
I.S.P.H.

INSTITUTUL DE STUDII ŞI

PROIECTĂRI HIDROENERGETICE



ISPH-Designing Institute with complex profile offers :



RIVER BASIN DEVELOPMENT STUDIES

- hydroelectric developments
- multipurpose hydraulic developments
- special hydraulic structures

SPECIAL ACTIVITIES

- hydrological and hydrogeological studies
- engineering-geological investigations
- geotechnical and geophysical explorations, soil and rock mechanic investigations
- topographical surveys and mapping

SPECIAL SERVICES

- preliminary studies and designs
- feasibility studies
- final designs
- detailed construction drawings
- tender documents and contracts
- inspection and supervision
- expert's reports

29, Republicii Blvd., 79669 Bucharest,
Romania,
Phone 147270, Telex 11-443 i. s. p. h. r.

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

ANUL 33 Nr. 8 august 1985

Conducerea şi automatica SE

Îmbunătăţirea metodelor practice de calcul al efectelor termice ale curenţilor de scurtcircuit

Ing. Viorel Grigoriu*

Descriptori : curent de scurtcircuit, efectul termic

Improvement of Practical Thermal Effects Calculation Methods of Shortcircuit Currents

(Condensed from the paper in Romanian)

The shortcircuit current thermal effect calculation needed for she checking of the current paths heating in this regime consists principially in the integral $\int_0^t i^2\,dt$ calculation.

Due to the complicated shortcircuit current variation in time (the time damping of the aperiodic component depending on the R/X ratio of the calculation circuit and the time variation of the periodic component considering the generator reactance variation when changing from the overtransient regime into the transient regime and then into the steady one and on the effect of an automatic excitation increase under the influence of the automatic voltage control or of the excitation forcing) practical calculation methods are used for the evaluation of the thermal effect.

The practical calculation methods used in Romania in the design activity are the following :

— *the equivalent thermal current method* of 1 s for the shortcircuit, which is the official method recommended by the specification PE 103, and which is based on the German specifications VDE 0103 (see relations 1 and 2 and figures 1, 2 and 3).

— *the fictious time method* based on the USSR specifications (see relations 3,4 and 5 and figures 4 and 5).

Every thermal effect calculation method is based on a separate shortcircuit current calculation method which intends an exact modelling of the phenomena which occur.

These shortcircuit currents calculation methods are :

— *the impedance method* imposed by the German prescriptions VDE 0102 where shortcircuits close to the generator are considered, are those where the ratio I_K/I_N exceeds 2 (I_K the shortcircuit current value generated by the generator, I_N the generator rated current), and the generators are provided with an automatic voltage control with a value of the excitation limit reaching 1.3 u.r. for turbogenerators and 1.6 u.r. for hydrogenerators.

— *the decrement tables method* which is the official method given by the specification PE 134, based on USSR specifications where the close-by shortcircuits are those in which the I_K/I_N ratio is larger than 3.33 and the generators are provided with an excitation forcing having a limit equalling 2.

Due to the different calculation hypotheses of these two methods there result different values of the stabilized currents (I_K), of the tripping currents for $t = 0.1$ s ($I_{0.1} = \mu_{0.1} \cdot I''_K$) and of the $\beta = I''_K/I_K$ ratio as it results from figures 6, 7 and 8.

In order to suit the thermal effects calculation method (from specification PE 103) to the shortcircuit current one (from specification PE 134), which is based — as shown — on different automatic excitation increase processes in case of shortcircuits, a new nomogram for the coefficient "n" has been proposed which characterizes the contribution of the periodic component to the thermal effect of a shortcircuit supplied by a generator provided with excitation forcing (figure 9, replacing figure 2) based on the thermal effect equalizing in the two methods (relations 9 . . . 12).

For the interval $t = 0 \ldots 0.2$ s (where the automatic excitation effect increase does not occur yet) the values of the coefficient "n" have been determined analytically as well, based on relation 13, considering the equivalent calculation scheme from figure 10 and the periodic component variation according to figure 11 and relation 14.

The paper presents proposals for the thermal effect calculations of shortcircuit supplied from different sources (power system, synchronous generator, asynchronous motors). For the thermal effect calculation which presents peculiarities and difficulties since it cannot be obtained simply, by summing up the effects of the three currents supplied by the sources but by the effect of the currents' sum, the modelling of the sources by an equivalent generator which provides an initial current and a stabilized one equal to the sum of the currents supplied by the three sources (figures 12 and 13 has been proposed.

The last part, connected to the heat checking of the current paths section (relation 18 and figure 14) contains, appreciations and proposals to examine the regime previous to the shortircuit (the value of the conductor temperature θ_e previous to the shortcircuit) as a potential source for increasing the current density admitted for a shortcircuit (relations 19 and 20 and figure 15).

* Ing. Viorel Grigoriu lucrează la DTSNRE — MEE

1. Efectele termice ale curenților de scurtcircuit

La calculul de dimensionare a secțiunii căilor de curent ale instalațiilor electrice se aplică, conform prescripțiilor în vigoare, o serie de criterii tehnice (încălzirea în regim permanent, încălzirea în regim de scurtcircuit, căderea de tensiune) și economice (densitatea economică de curent), în vederea asigurării integrității și funcționalității echipamentelor și materialelor electrice, precum și a cerințelor de calitate și economicitate la transportul de energie prin aceste circuite.

Într-o serie de instalații, cum sînt cele de servicii interne de medie tensiune ale termocentralelor, anumite rețele de distribuție publică sau de alimentare a consumatorilor industriali ș.a., criteriul de verificare la efectele termice datorate curenților de scurtcircuit este un criteriu prioritar în raport cu celelalte criterii amintite. Din acest motiv, aplicarea criteriului respectiv, în special în instalațiile menționate, trebuie făcută în așa fel încît să se evite supradimensionările ce pot rezulta prin considerarea unor date inițiale de calcul „acoperitoare" în raport cu cele reale ce pot apărea în exploatare.

Verificarea la încălzire în regim de scurtcircuit constă, în principiu, în calculul cantității de căldură degajată de curenții de scurtcircuit pe durata defectului (respectiv integrala $\int_0^t i^2 \cdot dt$) și a temperaturii finale a căilor de curent, care nu trebuie să depășească temperatura maximă admisă, prin norme, pentru instalația verificată.

2. Metode practice de calcul al efectelor termice ale curenților de scurtcircuit

Deoarece, în mod obișnuit, integrala $\int_0^t i^2 \cdot dt$ este greu de calculat, datorită variației complicate în timp a curentului de scurtcircuit, în practica de proiectare se utilizează, pentru simplificare, metode practice de calcul al acestei integrale, și anume : *metoda curentului echivalent termic* și *metoda timpului fictiv*.

Metoda curentului echivalent termic este metoda prevăzută în prescripțiile de proiectare ale Ministerului Energiei Electrice [1] și este preluată din prescripțiile germane [13].

Potrivit acestei metode se definește „curentul echivalent termic de 1 s al curentului de scurtcircuit I_m", curentul care, dacă ar trece prin instalație o secundă, ar produce același efect termic ca și curentul real de scurtcircuit în timpul real t (fig. 1).

$$\int_0^t i^2 \cdot dt = I_m^2 \cdot 1. \qquad (1)$$

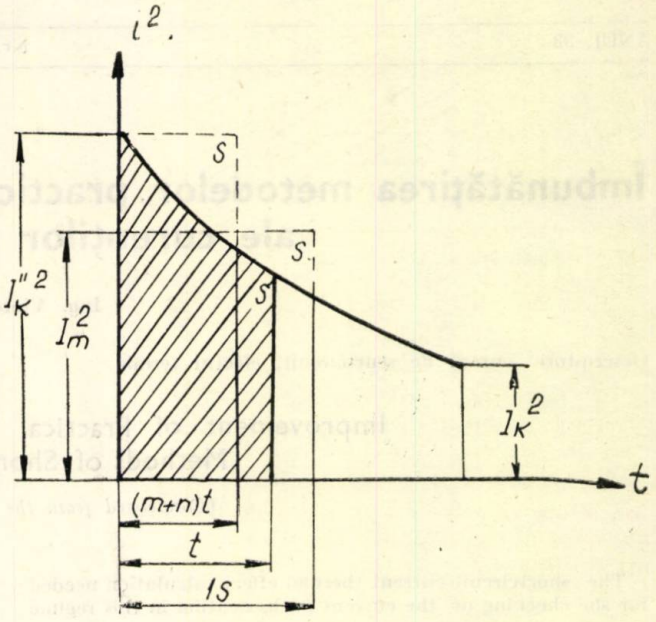


Fig. 1. Principiul metodei curentului echivalent termic I_m.

Curentul echivalent termic se calculează cu relația :

$$I_m = I_k'' \sqrt{(m+n) \cdot t/1}, \qquad (2)$$

în care :

I_k'' este valoarea efectivă inițială a componentei periodice a curentului de scurtcircuit ;

$m = f(\varkappa, t)$ — un coeficient dependent de aportul componentei aperiodice ($\varkappa$ — factorul de șoc) (fig. 2) ;

$n = f(I_k''/I_k, t)$ — un coeficient dependent de aportul componentei periodice (I_k — curen-

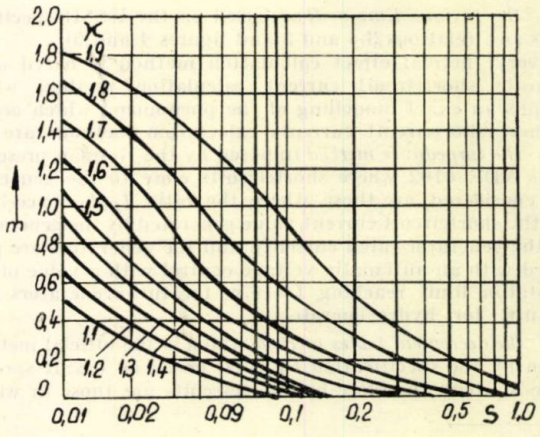


Fig. 2. Coeficientul „m".

tul stabilizat de scurtcircuit) (fig. 3); curbele din figura 3 sînt valabile pentru generatoare prevăzute cu reglaj automat de tensiune, dar fără forțarea excitației;

t — durata defectului.

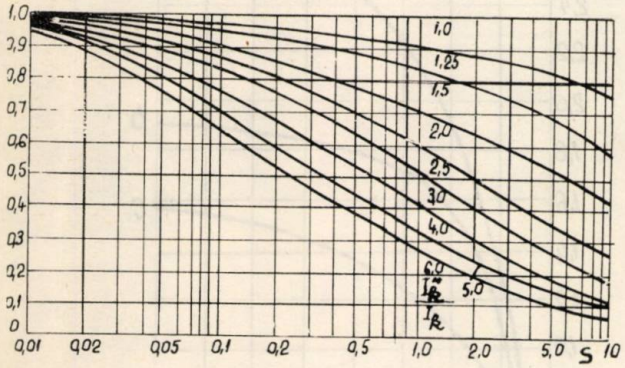


Fig. 3. Coeficientul „n".

Metoda timpului fictiv este metoda prevăzută în literatura sovietică [3, 6].

Potrivit acestei metode , cu ajutorul unei diagrame precalculate se echivalează cantitatea de căldură produsă de curentul de scurtcircuit în timpul t, cu cea produsă de curentul de scurtcircuit stabilizat I_k într-un timp fictiv t_f (fig. 4):

$$\int_0^t i^2 \cdot dt = I_k^2 \cdot t_f. \qquad (3)$$

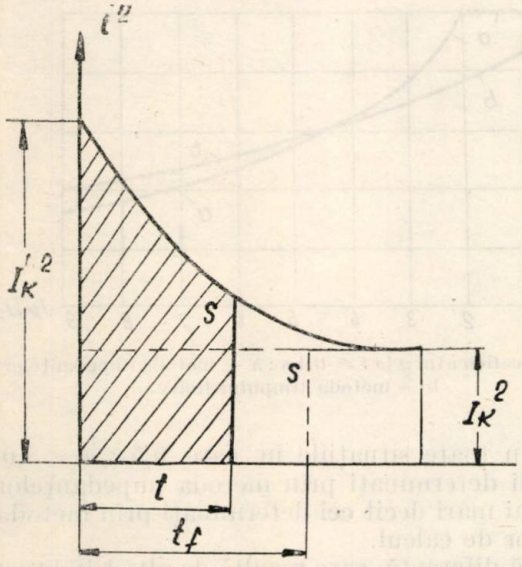


Fig. 4. Principiul metodei timpului fictiv „t_f".

Considerînd cele două componente ale curentului de scurtcircuit (i_p — componenta periodică și i_{ap} —componenta aperiodică) rezultă:

$$\int_0^t i^2 \cdot dt = \int_0^t (i_p + i_{ap})^2 \cdot dt \approx \int_0^t i_p^2 \cdot dt + \int_0^t i_{ap}^2 \cdot dt = I_k^2 \cdot (t_{fp} + t_{fap}), \qquad (4)$$

deoarece

$$2 i_{ap} \int_0^t i_p \cdot dt \approx 0 \qquad (5)$$

(t_{fp} și t_{fap} reprezintă timpul fictiv al componentei periodice, respectiv aperiodice).

Valorile lui t_{fp} se determină în funcție de timpul real t și de raportul $I''_k/I_k = \beta$ cu ajutorul curbelor din figura 5. Dacă $t > 5$ s se determină t_{fp} pentru 5 s și se adaugă $(t - 5)$ s.

Curbele din figura 5 sînt valabile pentru scurtcircuite alimentate de la generatoare prevăzute cu forțarea excitației.

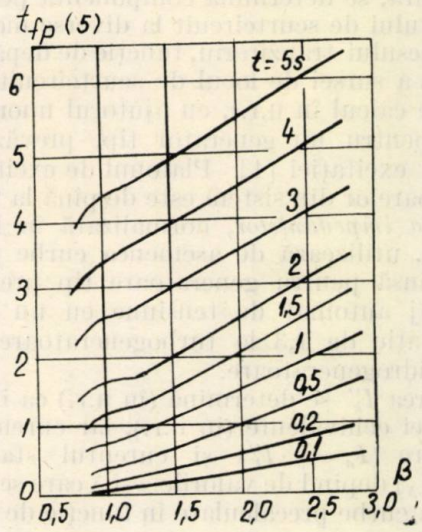


Fig. 5. Timpul fictiv al componentei periodice.

Timpul fictiv al componentei aperiodice se calculează cu relațiile:

$$i_{ap} = \sqrt{2} \cdot I''_k \cdot e^{-t/T_a}, \qquad (6)$$

$$I_k^2 \cdot t_{fap} = \int_0^t i_{ap}^2 \cdot dt = 2 \cdot I''^2_k \int_0^t e^{-2t/T_a} \cdot dt, \qquad (7)$$

$$t_{fap} = 2 \frac{I''^2_k}{I_k^2} \int_0^t e^{-2t/T_a} \cdot dt = \beta^2 \cdot T_a \cdot (1 - e^{-2t/T_a}) \approx \approx 0{,}05\ \beta^2. \qquad (8)$$

3. Deficiențe constatate la aplicarea metodei curentului echivalent termic

Metoda curentului echivalent termic, prevăzută în prescripțiile de proiectare [1, 13], conduce, în cazul scurtcircuitelor alimentate de generatoare prevăzute cu forțarea excitației, la supradimensionări ale căilor de curent datorită necorelării metodei respective cu metoda de calcul al curentului de scurtcircuit.

După cum rezultă din figurile 3 și 5, coeficientul „n" din metoda curentului echivalent

termic și timpul t_{fp} din metoda timpului fictiv depind de valoarea $\beta = I''_k/I_k$, respectiv de modul în care variază în timp curentul periodic de la valoarea inițială (supratranzitorie) la valoarea permanentă (stabilizată).

Această variație este diferită în cele două metode uzuale de calcul al curenților de scurtcircuit, și anume :

a) metoda curbelor de calcul (sau a tabelelor de decrement) ;

b) metoda impedanțelor.

Astfel, în *metoda curbelor de calcul*, metodă preluată în prescripția PE 134/84[2] din practica sovietică [3, 6] și aplicată de mulți ani la noi în țară, se determină componenta periodică a curentului de scurtcircuit la diverse momente ale procesului tranzitoriu, funcție de depărtarea electrică a sursei de locul de scurtcircuit (reactanța de calcul în u.r.), cu ajutorul unor curbe trasate pentru un generator tip, prevăzut cu forțarea excitației [4]. Plafonul de excitație al generatoarelor din sistem este de pînă la 2.

Metoda impedanțelor, normalizată în R.F.G. [12, 14], utilizează de asemenea curbe precalculate, însă pentru generatoare tip prevăzute cu reglaj automat de tensiune cu un plafon de excitație de 1,3 la turbogeneratoare și de 1,6 la hidrogeneratoare.

Valoarea I''_k se determină (în u.r.) ca inversa reactanței echivalente (în u.r.), iar curentul de declanșare ($I_a = \mu \cdot I''_k$) și curentul stabilizat ($I_k = \lambda \cdot I_N$) depind de valorile μ și λ care se determină din curbe precalculate în funcție de raportul I''_k/I_N.

Valoarea curentului stabilizat I_k, pentru aceeași valoare inițială a curentului de scurtcircuit I''_k, în cazul scurtcircuitelor „apropiate", diferă esențial de metoda aplicată, respectiv de modul în care este prevăzută funcționarea excitației generatoarelor la scurtcircuit, așa cum rezultă din figura 6, și anume :

a) cu forțarea excitației (metoda curbelor de calcul) ;

b) cu reglaj automat de tensiune (metoda impedanțelor) ;

c) fără reglaj și fără forțare ;

d) cu excitația în gol.

Alte diferențe majore între metodele menționate de calcul al curenților de scurtcircuit se constată la valorile curenților din regimul tranzitoriu, așa cum se arată, spre exemplificare, în figura 7, pentru curentul de declanșare la 0,1 s, și așa cum rezultă din modul diferit în care se consideră un „scurtcircuit îndepărtat" (pentru care $I''_k = I'_k = I_k$) și anume :

— în metoda impedanțelor :

$$x_c \geq 0{,}5 \quad (I''_k/I_N \leq 2) ;$$

— în metoda curbelor de calcul :

$$x_c \geq 3{,}0 \quad (I''_k/I_N \leq 0{,}33).$$

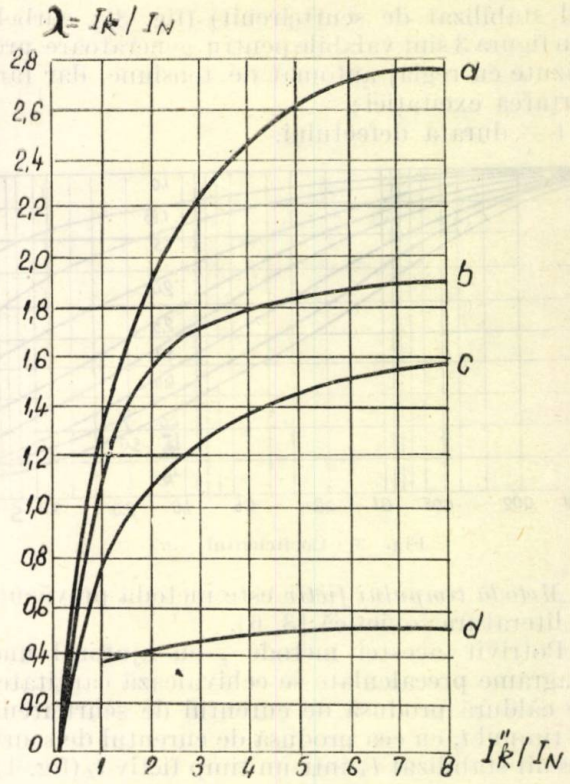


Fig. 6. Coeficientul λ la turbogeneratoare ($x_d = 1{,}8$) : a — cu forțarea excitației ; b — cu RAT, fără forțare ; c — fără RAT și fără forțare ; d — cu excitația în gol.

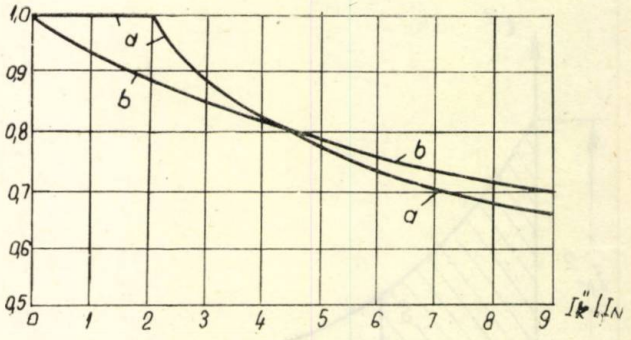


Fig. 7. Coeficientul μ la $t = 0{,}1$ s : a — metoda impedanțelor ; b — metoda timpului fictiv.

Deci, în toate situațiile în care $0{,}5 < x_c < 3{,}0$, curenții determinați prin metoda impedanțelor sînt mai mari decît cei determinați prin metoda curbelor de calcul.

O altă diferență, care rezultă de altfel indirect din considerentele de mai sus, o reprezintă valorile și limitele de variație ale coeficientului $\beta(I''_k/I_k)$ în funcție de reactanța de calcul în cele două metode, așa cum se arată în figura 8 (coeficientul β variază între 1 și 6 la metoda impedanțelor și între 0,8 și 3 la metoda curbelor de calcul).

Din cele arătate rezultă următoarele :

1. Metoda de calcul al efectului termic trebuie să fie corelată cu metoda de calcul al curentului periodic de scurtcircuit, în sensul considerării

aceluiași model de variație în timp și aceleiași valori de curenți în ambele metode.

2. Pentru aceeași valoare a reactanței de calcul x_c rezultă coeficienți β și curenți stabilizați (I_k), diferiți în cele două metode de calcul al curenților de scurtcircuit.

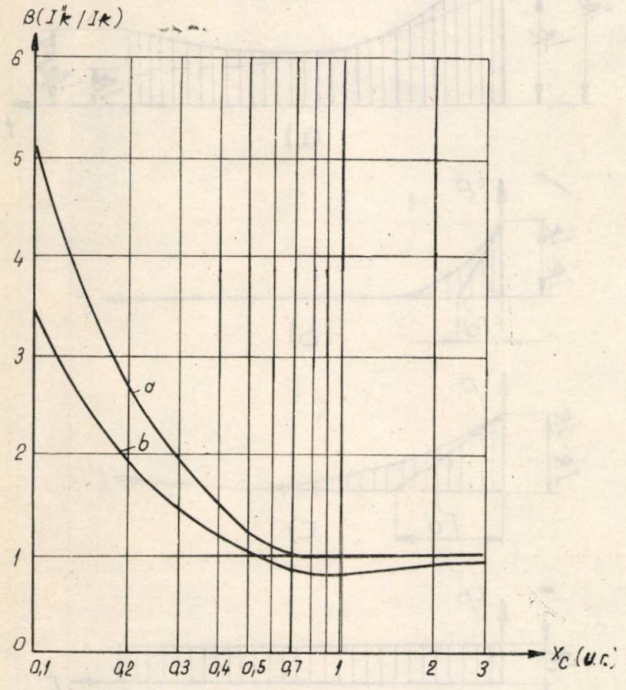


Fig. 8. Coeficientul β : a — metoda impedanțelor; b — metoda curbelor de calcul pentru $x_d = 1{,}8$.

3. Pentru aceeași valoare inițială (I_k'') și aceeași valoare stabilizată (I_k) a curentului de scurtcircuit (x_c diferit), cantitatea de căldură degajată în cazul forțării excitației (metoda curbelor de calcul) este mai mică decît în cazul reglajului automat de tensiune (metoda impedanțelor), deoarece în primul caz, în timpul procesului tranzitoriu, curentul de scurtcircuit periodic la început scade și apoi crește (sub efectul forțării), spre deosebire de al doilea caz, în care acest curent scade continuu. De asemenea, curenții în regimul tranzitoriu, pentru reactanțe cuprinse între 0,5 și 3, sînt sensibil mai mari în metoda impedanțelor față de cei determinați cu metoda curbelor de calcul.

4. Propuneri de îmbunătățire a metodelor de calcul

Considerentele arătate mai sus au impus reconsiderarea metodei de calcul al efectului termic în sensul armonizării ei cu metoda de calcul al curenților de scurtcircuit, respectiv cu metoda curbelor de calcul, care corespunde situației reale de funcționare cu forțare de excitație la scurtcircuit a generatoarelor din sistem.

În sensul arătat era posibilă fie adoptarea, în locul metodei curentului echivalent termic, a metodei de calcul al timpului fictiv, care era în concordanță cu cea a curbelor de calcul, fie efectuarea unor modificări în metoda curentului echivalent termic. Din tradiție s-a preferat cea de a doua cale, procedîndu-se în felul următor :

— Cantitatea de căldură degajată de curentul de scurtcircuit, indiferent de metoda de calcul, este una și aceeași :

$$\int_0^t i^2 \cdot dt = I_k''^2 \cdot (m + n) = I_k^2 \cdot (t_{fap} + t_{fp}). \qquad (9)$$

— Aportul la scurtcircuit al fiecăreia din cele două componente (periodice și aperiodice) trebuie să fie de asemenea egal în ambele metode :

$$I_k''^2 \cdot mt = I_k^2 \cdot t_{fap} \longrightarrow t_{fap} =$$

$$= \frac{I_k''^2}{I_k^2} \cdot mt = \beta^2 \cdot mt \approx 0{,}05\beta^2, \qquad (10)$$

$$I_k'' \cdot n \cdot t = I_k^2 \cdot t_{fp} \longrightarrow t_{fp} =$$

$$= \frac{I_k''^2}{I_k^2} \cdot n \cdot t = \beta^2 \cdot n \cdot t. \qquad (11)$$

Dacă în ceea ce privește componenta aperiodică se constată valori practic egale ale aportului la scurtcircuit pentru cazul uzual ($\varkappa = 1{,}8$), aportul componentei periodice nu poate fi egal decît în condițiile în care coeficientul „n" se recalculează cu relația :

$$n = \frac{t_{fp}}{t} \cdot \frac{1}{\beta^2}, \qquad (12)$$

în care mărimile t_{fp}, t și β se determină conform figurii 5.

În figura 9 este indicată noua nomogramă de calcul al coeficientului „n" astfel calculat

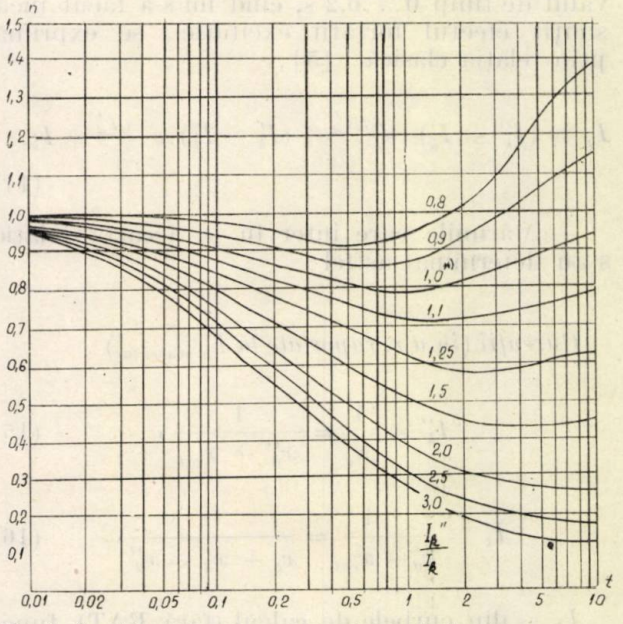


Fig. 9. Coeficientul n al componentei periodice (noua nomogramă de calcul).

(care a înlocuit recent figura 2b din instrucțiunile PE 103/70 [1]).

Se remarcă faptul că pentru valori ale lui $t = 0{,}1$ s aprecierea valorilor $t_{fp} = f(\beta)$ este dificilă din figura 5 și că nu există posibilitatea determinării grafice de valori ale lui t_{fp}, respectiv „n", pentru t mai mic de 0,1 s.

Din acest motiv, determinarea coeficientului n în intervalul 0—0,2 s s-a făcut analitic prin relația :

$$n = \frac{\int_0^t i_p^2 \cdot dt}{I_k''^2 \cdot t}, \quad t \in (0 \ldots 0{,}2 \text{ s}). \tag{13}$$

Calculul integralei $\int_0^t i^2\,dt$ în intervalul 0...0,2 s-a făcut în următoarele condiții :

— S-a considerat un generator tip cu înfășurări de amortizare în schema echivalentă de calcul indicată în figura 10.

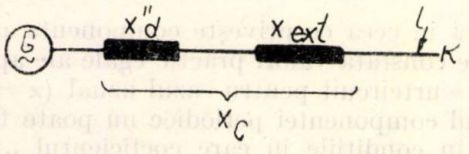


Fig. 10. Schema echivalentă de calcul al scurtcircuitului.

— Variația valorii eficace a componentei periodice debitate de generator spre punctul de defect, în cazul cel mai general, este indicată în figura 11, în care s-a reprezentat atît valoarea totală, cît și cea a diverselor subcomponente. Curentul periodic (valoarea eficace) în intervalul de timp 0...0,2 s, cînd nu s-a făcut încă simțit efectul forțării excitației, se exprimă prin relația clasică [5] :

$$I_p = (I_k'' - I_k') \cdot e^{-t/T_d''} + (I_k' - I_k) \cdot e^{-t/T_d'} + I_k. \tag{14}$$

— Mărimile care intervin în această relație s-au determinat astfel :

Curenții (în u.r. raportate la $I_{N\ generator}$)

$$I_k'' = \frac{1}{x_c} = \frac{1}{x_d'' + x_{ext}}, \tag{15}$$

$$I_k' = \frac{1}{x_d' + x_{ext}} = \frac{1}{x_c + x_d' - x_d''}, \tag{16}$$

I_k — din curbele de calcul (fără RAT), funcție de x_c.

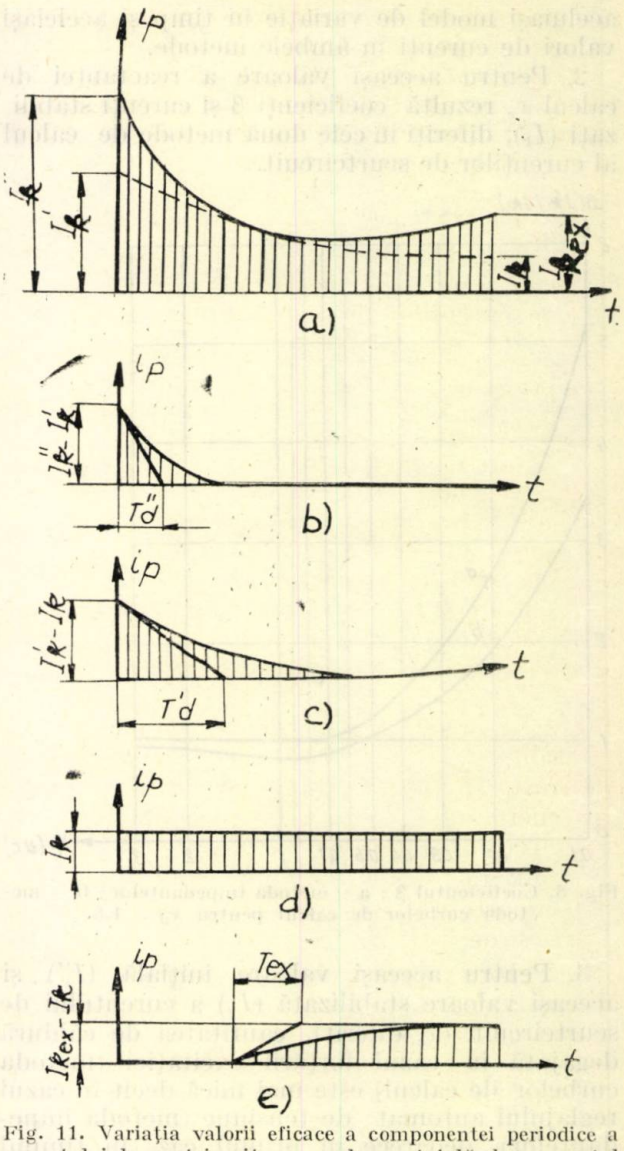


Fig. 11. Variația valorii eficace a componentei periodice a curentului de scurtcircuit : a — valoarea totală ; b— curentul supratranzitoriu ; c — curentul tranzitoriu ; d— curentul stabilizat ; e — influența forțării excitației.

Reactanțele (în u.r.)

S-au considerat valorile pentru generatoarele de putere medie (de 50 MW) astfel :

$$x_d'' = 0{,}146\,;$$

$$x_d' = 0{,}217.$$

Constantele de timp

S-au determinat pe bază de calcul iterativ, luînd drept condiții de referință egalitatea curenților I_k'', $I_{0,1}$, $I_{0,2}$ din curbele de calcul și cele determinate cu relația (14), rezultînd :

$$T_d'' = 0{,}07 \text{ s}\,;$$

$$T_d' = 1{,}30 \text{ s}.$$

Noua nomogramă din figura 9 conduce la valori sensibil mai reduse ale coeficientului „n",

pentru aceleași valori ale lui t și β, decît în vechea nomogramă, ceea ce are efecte economice favorabile. Aplicînd această nouă nomogramă la calculul secțiunii cablurilor de 6 kV ale serviciilor interne ale termocentralelor cu grupuri de 50 MW a rezultat necesară reducerea secțiunii lor de la 185 mm² la 150 mm².

5. Unele considerații asupra modului de aplicare a metodei de calcul al efectelor termice ale curenților de scurtcircuit

5.1. Calculul efectelor termice ale curenților de scurtcircuit debitați de mai multe surse diferite de energie

Potrivit metodologiei de calcul al curenților de scurtcircuit (PE 134/83) atunci cînd sursele care debitează la scurtcircuit sînt cu caracteristici diferite sau sînt situate la depărtări electrice diferite în raport cu locul de defect considerat, aportul lor la scurtcircuit trebuie calculat separat, în ipoteza „variației individuale" a curentului debitat de aceste surse.

În cele mai multe cazuri practice, reducerea schemei echivalente se poate face la o singură sursă (sistemul energetic) la un generator sau la un grup de generatoare și sistemul energetic. Un caz aparte îl constituie scurtcircuitele pe barele de medie tensiune pe care sînt racordate motoare asincrone de puteri importante (de exemplu barele de servicii interne ale termocentralelor). În continuare, se are în vedere tocmai un asemenea caz general în care, la un scurtcircuit pe barele de medie tensiune ale unei stații de servicii proprii dintr-o termocentrală, debitează trei tipuri diferite de surse: sistem, generator, motoare asincrone.

Schema echivalentă este cea din figura 12. Problema calculului efectului termic prezintă particularități și dificultăți provenite în primul rînd din faptul că efectul termic total datorat celor trei surse nu se obține, simplu, prin însumarea efectelor celor trei curenți debitați de surse, ci din efectul sumei curenților celor trei surse.

Variația valorii eficace a curenților periodici de scurtcircuit debitați de fiecare din

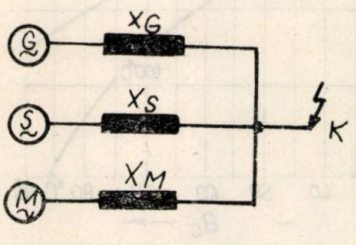


Fig. 12. Schema echivalentă de calcul al unui scurtcircuit pe bare de S.I. ale unei termocentrale.

cele trei surse este total diferită, așa cum se prezintă în figura 13, în care:

— pentru generator s-a avut în vedere o variație de tipul celei arătate detaliat în figura 11;

— aportul sistemului este constant în timp ($I''_k = I'_k = I_k$);

— aportul motoarelor asincrone se manifestă un timp foarte scurt, variația fiind cea indicată în normativul PE 134/83 (aportul

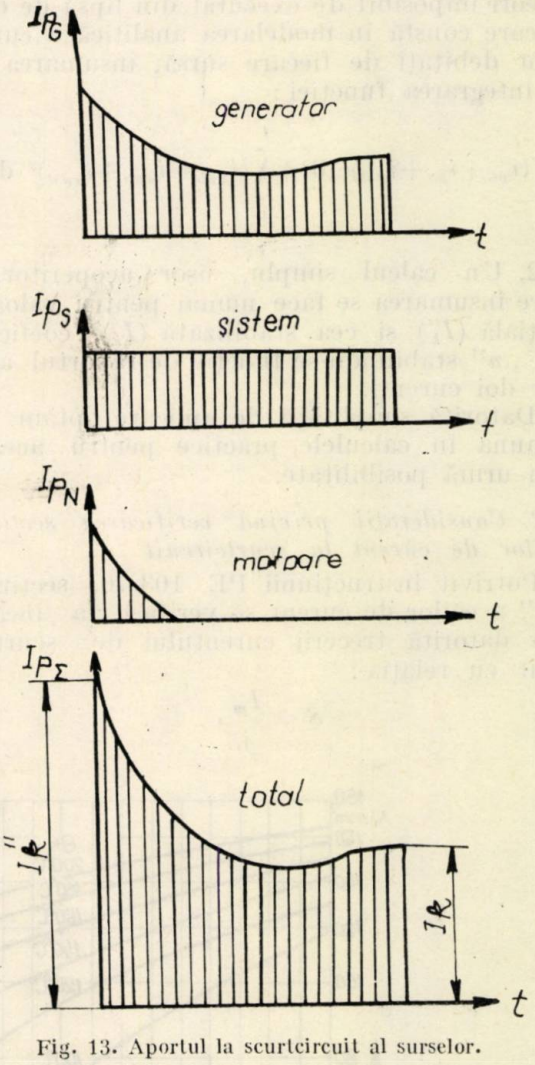


Fig. 13. Aportul la scurtcircuit al surselor.

inițial este practic suma curenților de pornire ai motoarelor, care scade la circa 30% după 0,1 s).

Potrivit acestui normativ, considerarea aportului motoarelor la scurtcircuite pe bara la care sînt racordate este obligatorie la calculul curentului de șoc și al curentului de rupere al întreruptoarelor. Nu se fac precizări asupra necesității considerării motoarelor la efectele termice datorate scurtcircuitelor pe bare. În cazul unor motoare de puteri mari și în special la valori mici ale timpului de deconectare, aportul motoarelor la efectul termic este important și neglijarea lui poate conduce la

erori inadmisibile. Problema constă în modul în care trebuie avut în vedere acest aport, întrucît diagramele pentru coeficientul „n" sînt construite funcție de raportul I''_k/I_k, iar în cazul motoarelor $I_{kM} \approx 0$.

Într-un asemenea caz, se poate avea în vedere, pentru calculul efectului termic al curenților de scurtcircuit, unul din următoarele moduri de calcul:

1. Un calcul exact, complicat și laborios, uneori imposibil de executat din lipsă de date și care constă în modelarea analitică a curenților debitați de fiecare sursă, însumarea lor și integrarea funcției:

$$\int_0^t (i_{pG}+i_{pS}+i_{pM})^2 \cdot \mathrm{d}t + \int_0^t (i_{apG}+i_{apS}+i_{apM})^2 \cdot \mathrm{d}t. \tag{17}$$

2. Un calcul simplu, ușor acoperitor, în care însumarea se face numai pentru valoarea inițială (I''_k) și cea stabilizată (I_k), coeficientul „n" stabilindu-se funcție de raportul acestor doi curenți.

Datorită simplității de aplicare optăm totdeauna în calculele practice pentru această din urmă posibilitate.

5.2. Considerații privind verificarea secțiunii căilor de curent la scurtcircuit

Potrivit instrucțiunii PE 103/70, secțiunea „S" a căilor de curent se verifică la încălzirea datorită trecerii curentului de scurtcircuit cu relația:

$$S = \frac{I_m}{j_t}, \tag{18}$$

în care j_t este densitatea de curent la scurtcircuit, a cărei valoare depinde de materialul conductorului și de temperatura inițială (θ_c) și finală (θ_K) a acestuia la trecerea curentului de scurtcircuit, conform figurii 14.

Valorile limită ale temperaturii pentru regimul permanent (θ_p), considerată ca temperatură inițială în raport cu momentul scurtcircuitului, și finală, după scurtcircuit, (θ_K), a barelor rigide, conductoarelor flexibile și cablurilor de energie sînt fixate prin normative, instrucțiuni și standarde de produs.

În multe cazuri, în special în situațiile în care verificarea la scurtcircuit reprezintă criteriul prioritar de dimensionare, temperatura inițială este însă mai mică decît temperatura limită pentru regimul permanent ($\theta_c < \theta_p$). În aceste cazuri se poate adopta o densitate de curent la scurtcircuit mai mare decît cea corespunzătoare temperaturii limită θ_p și respectiv rezultă o secțiune de calcul mai mică.

De multe ori însă, în lipsa unei metode simple de determinare a temperaturii inițiale se consideră apriori, valoarea acesteia egală cu temperatura limită admisă pentru regimul permanent ($\theta_c = \theta_p$), lucru ce conduce la supradimensionări.

În cele ce urmează se prezintă relația de calcul al temperaturii de regim a unui conductor (θ_c), pentru o temperatură ambiantă dată (θ_a), în cazul în care acesta este parcurs de un curent permanent (I'_p) mai mic decît curentul maxim de durată, indicat în standarde și normative, (I_p), la care se atinge temperatura

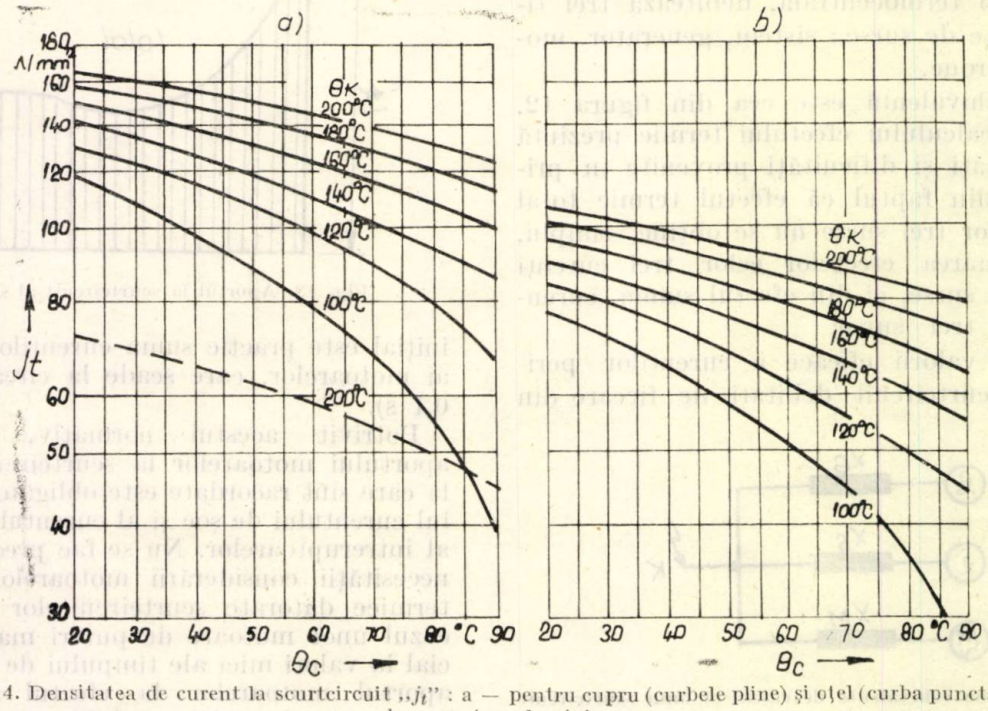


Fig. 14. Densitatea de curent la scurtcircuit „j_t": a — pentru cupru (curbele pline) și oțel (curba punctată); b — pentru aluminiu.

maximă de regim (θ_p):

$$\theta_c = \frac{\theta_a \cdot [1+\alpha_{20}\cdot(\theta_p-20)] + \frac{I'^2_p}{I^2_p}\cdot(\theta_p-\theta_a)(1-\alpha_{20}\cdot 20)}{[1+\alpha_{20}\cdot(\theta_p-20)] - \frac{I'^2_p}{I^2_p}\cdot(\theta_p-\theta_a)\cdot\alpha_{20}}, \quad (19)$$

în care α_{20} este coeficientul de variație a rezistenței la 20°C ($\alpha_{20} \approx 4 \cdot 10^{-3}$ pentru cupru și aluminiu).

Pe baza acestei relații s-a determinat diagrama din figura 15, care permite stabilirea directă a temperaturii de regim θ_c (respectiv

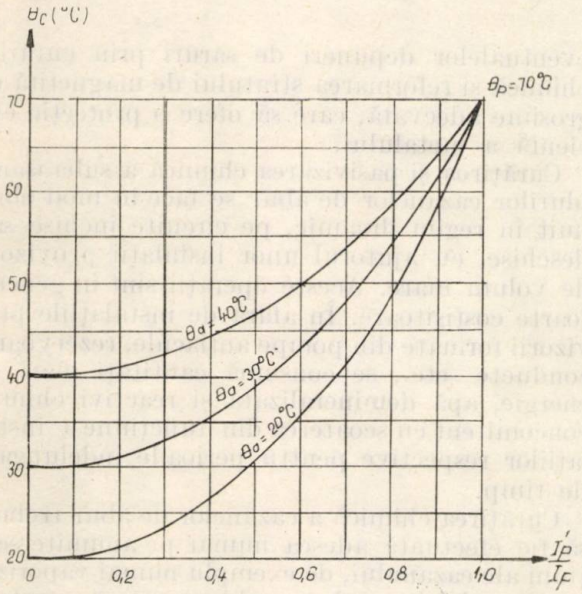


Fig. 15. Determinarea temperaturii de regim a unui conductor, respectiv a temperaturii inițiale de scurtcircuit (θ_c): I'_p — încărcarea în regim permanent; I_p — încărcarea maximă în regim permanent; θ_p — temperatura maxim admisibilă în regim permanent; θ_a — temperatura ambiantă.

a temperaturii inițiale de scurtcircuit) funcție de raportul I'_p/I_p și de valoarea temperaturii mediului ambiant ($\theta_a = 20°C$, 30°C, 40°C) în cazul cel mai frecvent în care temperatura maximă de regim normată este $\theta_p = 70°C$. Pentru alte situații se poate aplica și relația simplificată de calcul:

$$\theta_c \approx \theta_a + (\theta_p - \theta_a)\cdot\frac{I'^2_p}{I^2_p}, \quad (20)$$

care conduce însă la erori (în plus) de 2—6%.

Concluzii

1. Verificarea căilor de curent la efectele termice ale curenților de scurtcircuit este necesară pentru păstrarea integrității și funcționalității echipamentelor și materialelor străbătute de acești curenți.

2. Criteriul de verificare a încălzirii în regim de scurtcircuit a căilor de curent este prioritar într-o serie de instalații, determinînd cea mai mare valoare a secțiunii necesare pentru căile de curent.

3. Aprecierea efectului termic al curenților de scurtcircuit se face, de regulă, prin metode practice de calcul, armonizate cu metodologiile de calcul al curenților de scurtcircuit. În material se prezintă unele deficiențe datorate necorelării metodelor de calcul, modul în care s-a trecut la armonizarea lor și efectele economice.

4. Problema determinării efectului termic datorat curenților de scurtcircuit debitați simultan de mai multe surse diferite (sistem, generatoare, motoare) nu este tratată distinct în literatura de specialitate. În material se fac propuneri asupra unui mod de calcul practic în aceste cazuri.

5. Examinarea regimului anterior scurtcircuitului (respectiv a temperaturii inițiale a conductorului funcție de încărcarea reală a circuitului) poate conduce la creșterea densității admise la scurtcircuit, respectiv la reducerea secțiunii necesare. În material se prezintă o nomogramă simplă de calcul al acestei temperaturi inițiale, funcție de încărcarea în regimul anterior scurtcircuitului și de temperatura ambiantă.

6. Elaborarea unei metodologii proprii de calcul al curenților de scurtcircuit și al efectelor termice datorate acestor curenți, pe bază de măsurători directe în centralele electrice, de modelări matematice adecvate și ținînd seama de parametrii reali ai generatoarelor și de sistemele de excitație ale acestora, ar trebui să fie avută în vedere, în perioada următoare, de către colectivele de cercetare de specialitate.

Bibliografie

[1] PE 103/70 — *Instrucțiuni pentru dimensionarea și verificarea instalațiilor electroenergetice la solicitări mecanice și termice în condițiile curenților de scurtcircuit* (modificată în 1985).

[2] PE 134/84 — *Normativ privind metodologia de calcul al curenților de scurtcircuit în instalațiile electrice.*

[3] Golovan, A. T. ș. a. *Indreptar electrotehnic.* Ed. energetică de stat, 1955.

[4] Ulianov, A. S. *Regimuri tranzitorii ale sistemelor electrice.* Ed. tehnică, 1967.

[5] Roeper R. *Kurzschlussströme in Drehstromnetzen* Siemens-Schuckertwerke, 1964.

[6] Fedorova, A.A. ș.a. *Alimentarea cu energie electrică a întreprinderilor industriale.* Ed. tehnică, 1965.

[7] Buhuși, P. ș. a. *Partea electrică a centralelor electrice.* Ed. Didactică și Pedagogică, 1983.

[8] SILEC *(Société industrielle de liaisons électrique).* Catalogue général, 1977.

[9] Mauduit, A. *Instalations électriques a haute et basse tension.* Ed. Dunod, Paris, 1964.

[10] AEG-Telefunken. *Handbuch der Elektrotechnick.* Berlin, 1967.

[11] Brown-Boveri. *Taschenbuch für Schaltanlagen.* Ed. Girardet, Essen, 1977.

[12] VDE 0102—1/71. *Leitsätze für die Berechnung der Kurzschlußströme.*
[13] VDE 0103/74, *Leitsätze für die Berechnung von Starkstromanlagen auf mechanische und termische Kurzschlußfestigkeit.*
[14] Oeding, D., Schünemann, H. D. *Berechnungen von Kurzschlußströmen in Hochspannungsnetzen mit Impedanzen des %/MVA-Systems*-BBC Nachrichten, 12/1965, p. 603—614.

(Primit la 1 aprilie 1985, acceptat la 25 mai 1985)

Centrale termoelectrice

Curățirea chimică și pasivizarea suprafețelor interioare ale țevilor subansamblurilor cazanelor de abur prin metoda semistatică

Chim. Eugen Crețu *

Descriptori: cazane de abur, curățire chimică

Introducere

Funcționarea în regim termochimic normal a cazanelor de abur energetic este condiționată de existența, pe suprafețele interioare ale țevilor subansamblurilor acestora, a unui strat de magnetită de grosime mică (50—150 μ), care să ofere metalului o protecție chimică suficientă față de acțiunea corosivă a apei și aburului și care să nu afecteze semnificativ schimbul de căldură. Într-o lucrare anterioară se arată modul în care se formează și evoluează structura straturilor protectoare în cursul funcționării cazanelor de abur, precum și relația care există între calitatea straturilor protectoare și siguranța în exploatare a instalațiilor.

Straturile de protecție se obțin înainte de punerea în funcțiune a instalațiilor, prin pasivizare chimică, operație care este precedată de o curățire chimică cu acizi în prezența unor inhibitori de coroziune adecvați. Straturile protectoare formate în cursul pasivizării chimice, mai posedă încă un grad ridicat de reactivitate chimică, care scade treptat în cursul funcționării normale a cazanului. V.G. Bohnsack afirmă că stratul de magnetită ajunge la o reactivitate chimică minimă, cu o structură cristalină relativ staționară, după o funcționare a cazanului de cel puțin 1000 de ore.

În cursul funcționării îndelungate a cazanelor de abur, stratul de magnetită își modifică foarte lent grosimea, pînă la valori de 150 μ. Dacă apa și aburul care circulă prin țevi conțin oxigen dizolvat peste limita admisă, stratul de magnetită se îngroașă, putînd ajunge la grosimi de mai multe sute de microni, cînd apare fenomenul de exfoliere a acestuia. Procesul de exfoliere este la început local, stratul de magnetită prezentînd fisuri și spărturi de mică întindere. Treptat procesul avansează, zone din ce în ce mai mari de magnetită sînt distruse, ceea ce duce în mod inevitabil la spargerea țevilor. Din această cauză, cînd grosimea stratului de magnetită este prea mare, se impune oprirea cazanului, înlăturarea magnetitei îngroșate, precum și a eventualelor depuneri de săruri prin curățire chimică și reformarea stratului de magnetită de grosime adecvată, care să ofere o protecție eficientă a metalului.

Curățirea și pasivizarea chimică a subansamblurilor cazanelor de abur se face în mod obișnuit în regim dinamic, pe circuite închise sau deschise, cu ajutorul unor instalații provizorii de volum mare. Aceste operații sînt în general foarte costisitoare. În afară de instalațiile provizorii formate din pompe antiacide, rezervoare, conducte etc., se consumă cantități mari de energie, apă demineralizată și reactivi chimici concomitent cu scoaterea din funcțiune a instalațiilor respective pentru perioade îndelungate de timp.

Curățirea chimică a cazanelor de abur trebuie să fie efectuată adesea numai pe anumite secțiuni ale cazanului, de exemplu numai vaporizatorul, celelalte subansambluri avînd straturi protectoare de magnetită încă în bună stare. În această situație, curățirea chimică a întregului cazan nu este oportună, deoarece trebuie să se îndepărteze numai straturile de magnetită deteriorate și nu cele aflate în stare bună din celelalte zone ale cazanului. Prin metoda semistatică pot fi curățite și pasivizate chimic într-un timp scurt și cu cheltuieli minime numai acele subansambluri ale cazanului care posedă straturi de magnetită deteriorate, celelalte subansambluri rămînînd intacte.

În lucrarea de față sînt prezentate experimentările de laborator care au fost necesare pentru punerea la punct a tehnologiei de curățire chimică prin metoda semistatică, precum și rezultatele aplicării acestei tehnologii pentru curățirea chimică a cazanelor de abur energetic.

1. Experimentări de laborator

Încercările de laborator au fost efectuate pe mostre de țevi de oțel de fabricație R.S.C., utilizate în construcția unui vaporizator care a fost apoi curățit chimic prin metoda semistatică. Compoziția chimică a oțelurilor testate este dată în tabelul 1.

* Chim. Eugen Crețu lucrează la ICEMENERG.

Mostrele de țevi de oțel luate în lucru nu au depășit 100 g în greutate, pentru a putea fi cîntărite cu o precizie suficientă la balanța analitică. Au fost efectuate 10 serii de experimentări, tratîndu-se chimic mostre aproximativ egale ca mărime și de aceeași formă : inele de țeavă secționate transversal, cu înălțimea de circa 25 mm. În cadrul fiecărei serii de mostre au fost luate cîte două mostre de țeavă veche, cu strat de magnetită, prelevate din instalație și cîte două

Tabelul 1

Compoziția oțelurilor experimentate

Cod sortiment / Compoziție	Țeavă nouă CSN 15121/5	Țeavă veche CSN 15111/9
C	0,10—0,18	0,11 —0,13
Mn	0,40—0,70	0,52 —0,55
Si	0,15—0,35	0,28 —0,33
Cr	0,70—1,30	0,55 —0,60
Mo	0,40—0,60	0,23 —0,27
P	0,040	0,020—0,021
S	0,040	0,023—0,024
V	—	0,25 —0,26

mostre de țeavă nouă, fără strat protector de oxizi. Dimensiunile fiecărei mostre au fost măsurate cu o precizie de 0,1 mm cu ajutorul unui șubler. Suprafețele mostrelor au fost calculate cu ajutorul relației :

$$S = 2\pi(hR + hr + R^2 - r^2)/10^6,$$

unde : S este suprafața totală a mostrei, în m^2;
h — înălțimea mostrei (pe generatoarea cilindrului), în mm ;
R — diametrul exterior al țevii, în mm ;
r — diametrul interior al țevii, în mm ;

Mostrele de țeavă veche au fost notate cu V-1, V-2, V-3 etc., iar cele de țeavă nouă cu N-1, N-2, N-3 etc.

Seriile de mostre de țevi I, II, III și IV au fost supuse următoarelor operații :

a — clătire cu apă rece ;
b — clătire cu apă caldă, timp de 2 ore, la 80°C ;
c — degresare alcalină cu o soluție de hidroxid de sodiu de 5 g/l, timp de 2 ore, la 80—90°C ;
d — decapare acidă : mostrele au fost tratate cu o soluție conținînd acid sulfuric 2%, acid fluorhidric 1% și inhibitor Lithsolvent CL/2 în cantități variabile, de la 0,2 la 0,5%, pentru a se determina conținutul optim de inhibitor.

Decaparea acidă s-a efectuat la temperatura de 65—70°C.

La diametrul de țeavă luată în lucru (circa 50 mm diametru interior), raportul între volumul soluției și suprafața interioară în instalația industrială este de circa 1 : 80. În cadrul experimentărilor s-a realizat un raport volum soluție/suprafață metal de circa două ori mai mare, astfel încît efectul scăderii concentrației soluției utilizate în cursul curățirii chimice în condiții statice să fie cît mai redus, iar viteza de coroziune să fie influențată cît mai puțin posibil de scăderea concentrației soluției de decapare acidă.

Pentru cele patru serii de mostre experimentate, modalitatea semistatică de tratare a fost realizată prin imersia mostrelor de țeavă de oțel timp de două ore în soluția de decapare arătată mai sus, după care mostrele au fost scoase din soluție, clătite repede cu apă demineralizată încălzită la 65—70°C, înainte de răcirea metalului, astfel încît după această operație mostrele să se usuce imediat, datorită căldurii conținute în metal. Operația descrisă a fost, repetată la 4 și la 6 ore. Rezultatele cîntăririlor, precum și gradientele de greutate și vitezele de coroziune calculate pe baza acestor cîntăriri, sînt arătate în tabelul 2. Datele cuprinse în

Tabelul 2

Nr. serie	Volum soluție [ml]	Concentrație soluție H_2SO_4 [%]	Concentrație soluție HF [%]	Concentrație soluție inhibitor CL/2 [%]	Cod mostră	G_{0h} $t_0 = 0$ [g]	G_{2h} $t_1 = 2$ h [g]	ΔG_{2h} $t_1 - t_0$ [g]	V_{2h-0h} $\frac{t_1 - t_0}{[g/m^2 \cdot h]}$	G_{4h} $t_2 = 4h$ [g]	ΔG_{4h-2h} $t_2 - t_1$ [g]	V_{4h-2h} $\frac{t_2 - t_1}{[g/m^2 \cdot h]}$	G_{6h} $t_3 = 6h$ [g]	ΔG_{6h-4h} $t_3 - t_2$ [g]	V_{6h-4h} $\frac{t_3 - t_2}{[g/m^2 \cdot h]}$
I	1000	2	1	0,2	N — 1	173,1748	172,5208	0,6540	31,13	172,4274	0,0934	4,45	172,3690	0,0584	2,78
					N — 2	173,0413	172,2301	0,7110	33,96	172,1743	0,1558	7,44	172,0967	0,7760	3,71
					V — 1	149,7405	147,8440	1,8965	90,53	147,8263	0,0177	0,84	147,8263	0,0000	0,00
					V — 2	146,9100	145,1025	1,8075	88,01	145,0858	0,0167	0,81	145,0858	0,0000	0,00
II	1000	2	1	0,3	N — 3	173,8455	173,2500	0,5955	28,49	173,2192	0,0308	1,47	173,1642	0,0620	2,97
					N — 4	174,7243	174,1483	0,5760	27,60	174,1073	0,0410	1,96	174,0464	0,0609	2,92
					V — 3	147,3171	145,4093	1,9078	93,21	145,3980	0,0113	0,55	145,3816	0,0164	0,80
					V — 4	147,5768	145,7541	1,8207	88,78	145,7460	0,0101	0,49	145,7255	0,0205	0,99
III	1000	2	1	0,4	N — 5	170,9909	170,3799	0,6110	29,47	170,3500	0,0299	1,44	170,3368	0,0112	0,54
					N — 6	173,6218	172,9215	0,7003	33,55	172,8657	0,0358	1,71	172,8740	0,0117	0,56
					V — 5	149,3501	147,5176	1,8325	86,90	147,4749	0,0427	2,07	147,4662	0,0087	0,42
					V — 6	148,5738	146,7146	1,8592	90,51	146,6741	0,0405	1,97	146,6648	0,0093	0,45
IV	1000	2	1	0,5	N — 7	174,4237	173,8075	0,6162	29,52	173,8003	0,0072	0,35	173,7863	0,0140	0,67
					N — 8	175,3651	174,7714	0,5937	28,22	174,7626	0,0088	0,42	174,7500	0,0126	0,80
					V — 7	148,2551	146,5029	1,7522	84,85	146,4844	0,0185	0,89	146,4755	0,0089	0,43
					V — 8	147,3309	145,6298	1,7011	82,68	145,6135	0,0163	0,79	145,6046	0,0089	0,43

tabelul 2 au fost utilizate în diagramele din figurile 1, 2, 3 și 4, care arată variația vitezelor de coroziune, în $g/m^2 \cdot h$, în funcție de timp.

După terminarea decapării acide, mostrele de țevi au fost clătite cu apă demineralizată de mai multe ori, pînă la dispariția acidității, după care au fost pasivizate într-o soluție cu următoarea compoziție: acid citric 0,5%, hidroxid de amoniu pînă la pH = 9 – 10, pentru a se forma citrat terțiar de amoniu, azotit de sodiu 0,5%.

Pasivizarea s-a efectuat la temperatura de 90 – 95°C timp de circa 24 ore. Seriile V și VI de mostre de țevi de oțel au fost tratate cu aceleași soluții, cu următoarele deosebiri:

— temperatura de lucru la decaparea acidă a fost micșorată de la 65 – 70°C la 55 – 60°C, pentru a se vedea dacă decaparea este eficientă și la temperaturi mai scăzute;

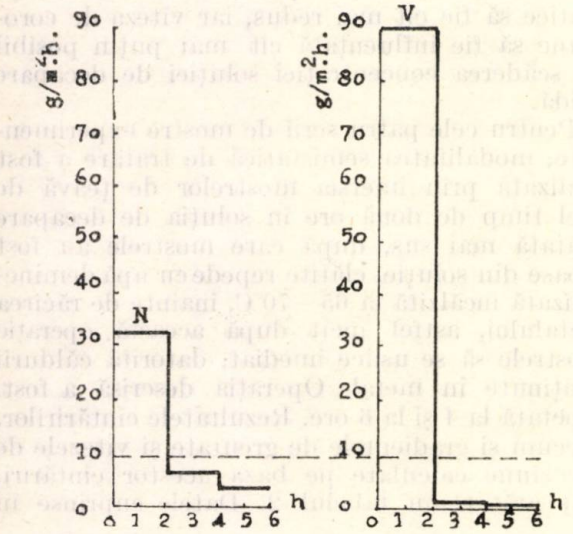


Fig. 1. Viteza de coroziune pentru seria de mostre I.

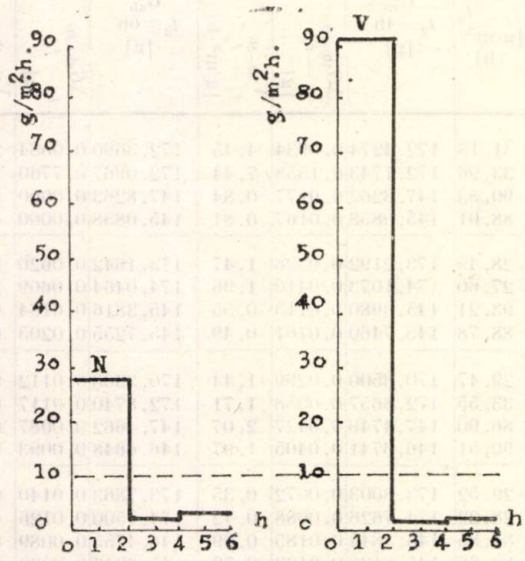


Fig. 2. Viteza de coroziune pentru seria de mostre II.

— conținutul de acid fluorhidric a fost de 1% și 0,5%, pentru a se vedea dacă decaparea este eficientă și la concentrații mai mici de acid fluorhidric, cunoscîndu-se faptul că acest reactiv este deficitar.

Rezultatele obținute privind pierderile în greutate ale mostrelor de țevi, precum și vitezele de coroziune calculate din datele experimentale sînt arătate în tabelul 3 și diagramele din figurile 5 și 6.

Seriile VII și VIII reprezintă repetarea experimentelor efectuate cu seriile V și VI, utilizînd volume de lichid de 500 ml, în scopul verificării reproductibilității rezultatelor experimentale, datele obținute fiind arătate în tabelul 3 și diagramele din figurile 7 și 8.

Întrucît din experimentările precedente s-a constatat că viteza de coroziune este în primele două ore foarte mare, iar în secvențele următoare mult mai mică, s-a procedat la experimenta-

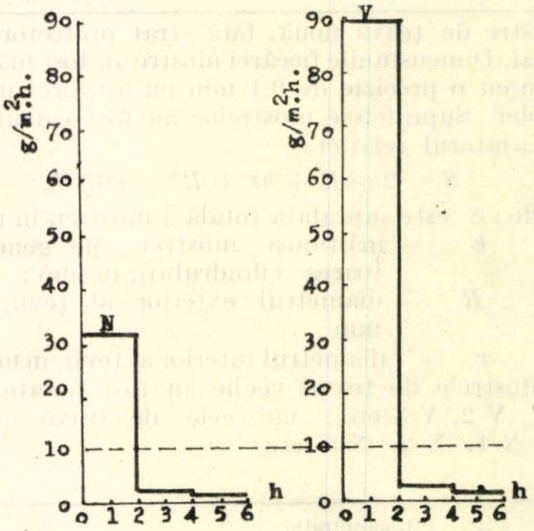


Fig. 3. Viteza de coroziune pentru seria de mostre II.

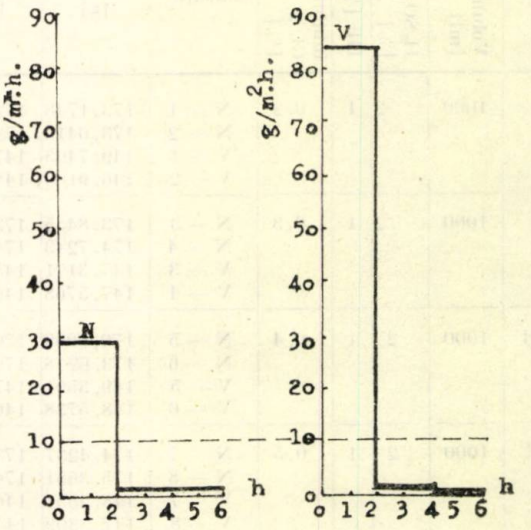


Fig. 4. Viteza de coroziune pentru seria de mostre IV.

Tabelul 3

Nr. serie	Volum soluție [ml]	Concentrație soluție H_2SO_4 [%]	Concentrație soluție HF [%]	Concentrație soluție inhibitor CL/2 [%]	Cod mostră	G_{0h} $t_0 = 0$ [g]	G_{2h} $t_1 = 2h$ [g]	ΔG_{2h} $t_1 - t_0$ [g]	V_{2h-0h} $t_1 - t_0$ [g/m²·h]	G_{4h} $t_2 = 4h$ [g]	ΔG_{4h-2h} $t_2 - t_1$ [g]	V_{2h-2h} $t_2 - t_1$ [g/m²·h]	G_{6h} $t_3 = 6h$ [g]	ΔG_{6h-4h} $t_3 - t_2$ [g]	V_{6h-4h} $t_3 - t_2$ [g/m²·h]
V	1000	2	1	0,3	N—9	175,3768	174,7491	0,6277	29,87	174,7260	0,0231	1,10	174,7037	0,0223	1,06
					N—10	171,9197	171,2928	0,6269	30,24	171,2557	0,0371	1,79	171,2395	0,0162	0,78
					V—9	147,6727	146,1063	1,5664	76,13	146,0675	0,0388	1,89	146,0295	0,0380	1,85
					V—10	144,6520	143,0499	1,6021	77,59	143,0278	0,0221	1,07	143,0144	0,0134	0,65
VI	1000	2	0,5	0,3	N—11	172,1087	171,4787	0,6300	30,28	171,4540	0,0247	1,19	171,4370	0,0170	0,82
					N—12	172,2755	171,6482	0,6273	30,25	171,6199	0,0283	1,38	171,6003	0,0196	0,95
					V—11	143,5379	142,1128	1,4251	69,84	142,0723	0,0405	1,98	142,0603	0,0120	0,59
					V—12	143,6435	142,2130	1,4305	69,89	142,1895	0,0235	1,15	142,1810	0,0085	0,42
VII	500	2	1	0,3	N—17	172,5747	171,9442	0,6305	29,67	171,9118	0,0324	1,52	171,8922	0,0196	0,92
					V—17	143,2513	141,6762	1,5751	78,27	141,6311	0,0451	2,24	141,6091	0,0220	1,09
VIII	500	2	0,5	0,3	N—18	171,6870	171,0619	0,6251	30,10	171,0152	0,0467	2,25	170,9967	0,0185	0,89
					V—18	144,1609	142,7448	1,4161	69,30	142,7028	0,0420	2,06	142,6851	0,0177	0,87

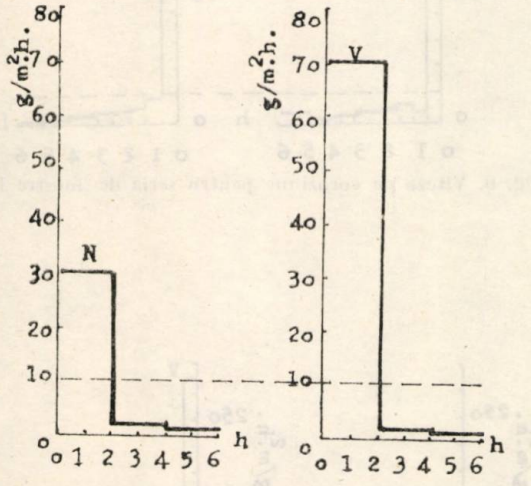


Fig. 5. Viteza de coroziune pentru seria de mostre V.

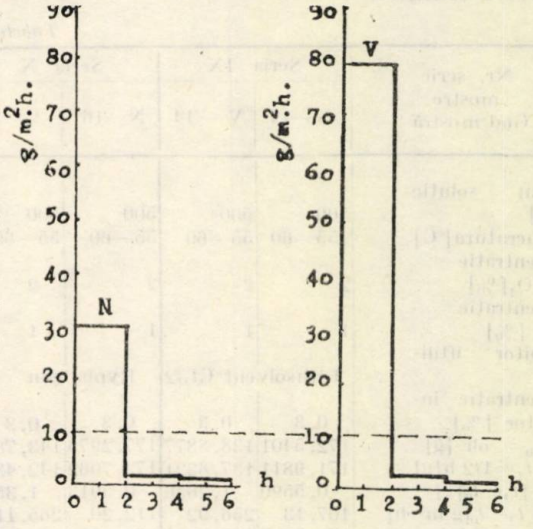


Fig. 7. Viteza de coroziune pentru seria de mostre VII.

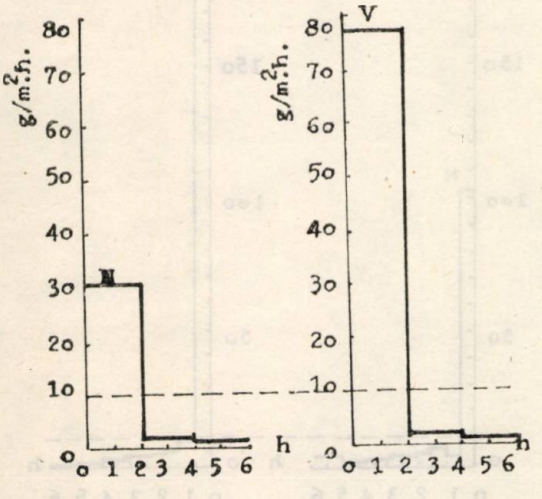


Fig. 6. Viteza de coroziune pentru seria de mostre VI.

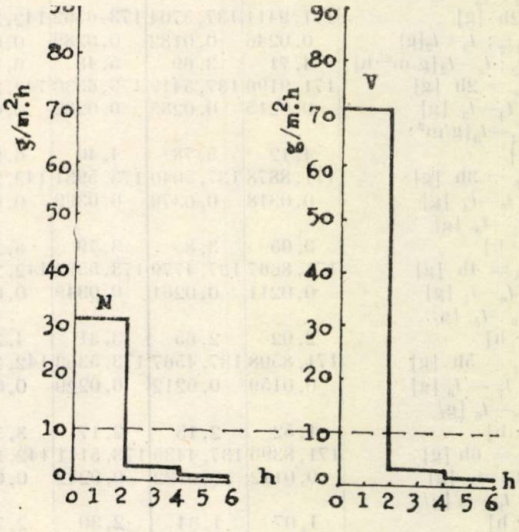


Fig. 8. Viteza de coroziune pentru seria de mostre VIII.

rea unei serii noi — seria IX — cu măsurarea vitezei de coroziune la fiecare jumătate de oră pentru acest interval, iar în rest, la fiecare oră. Rezultatele obținute sînt arătate în tabelul 4, iar diagrama corespunzătoare în figura 9. În paralel s-a experimentat seria X de mostre, în care în locul inhibitorului Lithsolvent CL/2 s-a utilizat inhibitorul de producție R.S.C., Ryphalgan. Rezultatele obținute sînt arătate în tabelul 4, iar diagrama corespunzătoare în figura 10.

2. Interpretarea rezultatelor experimentale

Toate mostrele de țevi de oțel supuse experimentărilor de laborator au fost tratate în primele trei faze, spălare mecanică cu apă rece, spălare mecanică cu apă caldă și degresare alcalină, în același mod. În faza de curățire chimică acidă tratamentul a fost diferențiat, în scopul determinării concentrațiilor optime de reactivi chimici.

Tabelul 4

Nr. serie mostre Cod mostră	Seria IX		Seria X	
	N—14	V —14	N—16	V—16
Volum soluție [ml]	500	500	500	500
Temperatura [°C]	55—60	55—60	55—60	55—60
Concentrație H_2SO_4 [%]	2	2	2	2
Concentrație HF [%]	1	1	1	1
Inhibitor utilizat	Lithsolvent CL/2		Ryphalgan	
Concentrație inhibitor [%]	0,3	0,3	0,3	0,3
G_0; t_0 = oh [g]	172,5401	138,8877	177,2975	143,7860
$G_{1/2}$; t_1=1/2 h[g]	171,9811	137,6221	173,7062	142,4313
$\Delta G_{1/2}$; t_1—t_0[g]	0,5590	1,2656	0,5913	1,3546
$V_{1/2}$; t_1—t_0[g/m²·h]	107,13	256,92	112,20	265,11
G_1; t_2 = 1h[g]	171,9657	137,5886	173,6891	142,3791
ΔG_1; t_2—t_1[g]	0,0154	0,0335	0,0211	0,0523
V_1; t_2—t_1[g/m²·h]	2,95	7,11	4,00	10,24
$G_{1+1/2}$; t_3 = 1 + + 1/2h [g]	171,9411	137,5704	173,6562	142,3444
$\Delta G_{1+1/2}$; t_3—t_2[g]	0,0246	0,0182	0,0289	0,0347
$V_{1+1/2}$; t_3—t_2[g/m²·h]	4,71	3,69	5,48	6,79
G_2; t_4 = 2h [g]	171,9196	137,5419	173,6330	142,3111
ΔG_2; t_4—t_3 [g]	0,0215	0,0285	0,0232	0,0333
V_2; t_4—t_3[g/m²· ·h]	4,12	5,78	4,40	6,52
G_3; t_5 = 3h [g]	171,8878	137,5040	173,5931	142,2583
ΔG_3; t_5—t_4 [g]	0,0318	0,0379	0,0399	0,0528
V_3; t_5—t_4 [g/ m²· h]	3,05	3,85	3,79	5,17
G_4; t_6 = 4h [g]	171,8667	137,4779	173,5582	142,2148
ΔG_4; t_6—t_5 [g]	0,0211	0,0261	0,0349	0,0435
V_4; t_6—t_5 [g/ m²· h]	2,02	2,65	3,31	4,26
G_5; t_7 = 5h [g]	171,8508	137,4567	173,5353	142,1805
ΔG_5; t_7 — t_6 [g]	0,0159	0,0212	0,0229	0,0343
V_5; t_8—t_6 [g/ m²· h]	1,52	2,15	2,17	3,36
G_6; t_8 = 6h [g]	171,8396	137,4435	173,5111	142,1520
ΔG; t_8—t_7 [g]	0,0112	0,0132	0,0242	0,0285
BV ; t_8—t_7 [g/ m²· h]	1,07	1,34	2,30	2,79

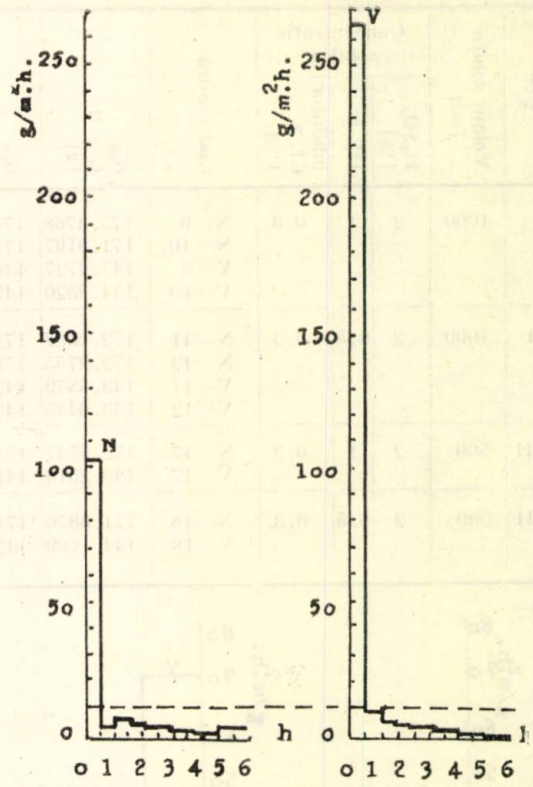


Fig. 9. Viteza de coroziune pentru seria de mostre IX.

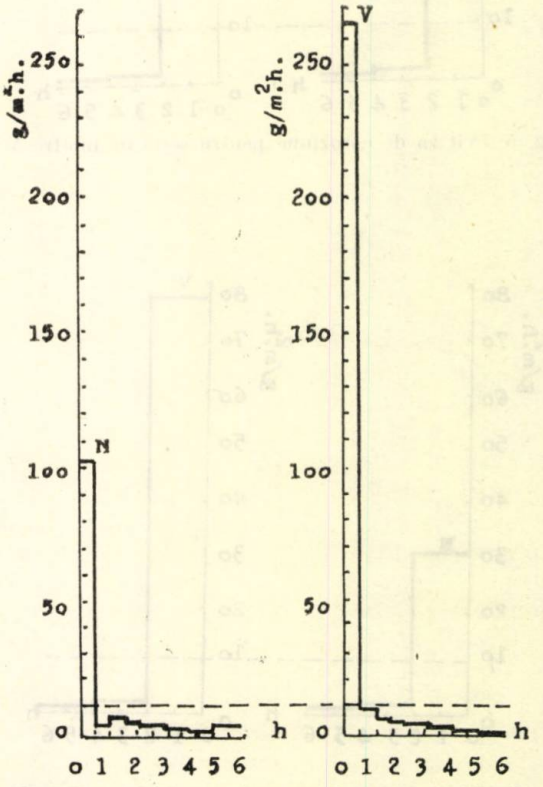


Fig. 10. Viteza de coroziune pentru seria de mostre X.

Din datele cuprinse în tabelul 2 și diagramele corespunzătoare (vezi fig. 1—4) rezultă: pentru țeava nouă, în primele două ore de contact al soluției acide cu metalul, vitezele de coroziune sînt de 31—34 g/m² · h, la o concentrație a inhibitorului de 0,2%. La creșterea concentrației inhibitorului pînă la 0,3%, viteza de coroziune scade la 28—29 g/m² · h. Cînd concentrația inhibitorului crește la 0,4—0,5%, vitezele de coroziune se mențin la valori de 28—30 g/m² · h, ceea ce arată că pentru inhibitorul considerat concentrația optimă este de 0,3%. Pentru secvențele următoare, la 4 și la 6 ore, vitezele de coroziune scad la valori de 2—7 g/m² · h și respectiv la 0,5—3 g/m² · h.

Pentru țeava veche, datorită existenței stratului de oxizi și a depunerilor, scăderea în greutate a mostrelor de țevi, după decaparea acidă, este mai mare, ajungînd la 88—93 g/m² · h, pentru o concentrație a inhibitorului de 0,3%.

Se observă, de asemenea, că la creșteri ale concentrației inhibitorului la 0,4—0,5% viteza de coroziune nu scade decît pînă la 82—84 g/m² · h, deci nesemnificativ. După intervalul de 2 ore, datele experimentale arată o concentrație optimă a inhibitorului pentru țevile vechi tot de 0,3%, ca și pentru cele noi. Pentru intervalele următoare, la 4 ore și la 6 ore, vitezele de coroziune scad foarte mult, la valori cuprinse între 0,4 și 2,0 g/m² · h.

Se consideră că viteza de coroziune admisă trebuie să nu depășească 10 g/m² · h. Din valorile obținute experimental rezultă că vitezele de coroziune depășesc această valoare în primele două ore ale operațiunii de decapare acidă, atît pentru țevile noi, cît și pentru cele vechi. De fapt, în acest prim interval de două ore nu este vorba de o coroziune a metalului propriu-zis, ci de o dizolvare a brocurilor de sudură, a țunderului și a ruginii pentru țevile noi și a stratului de oxizi preexistent pentru țevile vechi. Acest lucru este conform scopului urmărit în cursul curățirii chimice, de înlăturare a tuturor produșilor oxidici existenți pe suprafața metalului, indiferent de proveniența lor.

În intervalele următoare, la t=4 h și t=6 h, vitezele de coroziune sînt foarte mici, mult sub limita de 10 g/m² · h. În aceste intervale, stratul de material străin fiind înlăturat, avem de a face cu coroziunea metalului, dar care, datorită protecției oferite de inhibitor, este foarte redusă.

Cele arătate mai sus sînt sugestiv prezentate în diagramele din figurile 1—4, atît pentru țeava nouă, cît și pentru țeava veche. Și din aceste diagrame se observă că o concentrație a inhibitorului de 0,3% este absolut suficientă după $t = 4$ h și $t = 6$ h, mărirea acesteia la valori de 0,4—0,5% nefiind necesară. De asemenea din datele experimentale cuprinse în abelul 4, diagramele din figurile 9—10 și din observarea vizuală a mostrelor tratate, se observă că o concentrație a soluției de decapare acidă de 2% H_2SO_4 și 1% HF este suficientă pentru o curățire chimică corectă a țevilor de oțel. Examinarea mostrelor tratate chimic arată că după primele două ore, țevile din oțel nou au fost curățite perfect de țunder, brocuri de sudură și rugină. De asemenea, stratul de oxizi existent pe țevile vechi a fost în întregime înlăturat prin dizolvare sau chiar prin desprindere de metal. Oxizii de fier înlăturați se regăsesc în soluția de decapare acidă, parte dizolvați și parte în suspensie fină.

Conținutul de fier în soluția de curățire chimică după $t = 2$ h a fost de circa 1,3—1,5 g/l, după $t = 4$ h conținutul de fier în soluția decapantă a crescut la 1,5—1,7 g/l, iar după $t = 6$ h la 1,7—2,0 g/l. De aici se poate calcula că după $t = 4$ h conținutul de fier nu a crescut cu mai mult de 15% față de $t = 2$ h. De asemenea, fierul a crescut lent și după $t = 6$ h, evident datorită vitezei de coroziune scăzute. Conținutul inițial de 1,3—1,5 g Fe/l se datorează în principal dizolvării ruginii la țevile noi și a magnetitei la țevile vechi. Creșterea ulterioară de 0,2 g Fe/l pentru $t = 4$ h și tot 0,2 g Fe/l pentru $t = 6$ h arată că viteza de coroziune a metalului este mică.

În condițiile existente în instalațiile industriale, conținutul de fier în soluțiile de decapare acidă este în general mai mare, datorită dizolvării mai accentuate a fierului din provizoratele de legătură dintre rezervorul de preparare a reactivilor de curățire chimică, pompele de antrenare a soluțiilor acide și cazan, confecționate din oțeluri slab aliate. Aceste provizorate, cu excepția pompelor, sînt cel mai adesea ruginite, fiind utilizate în mod repetat la curățirea cnimică a mai multor cazane. În cazul metodei semistatice însă, circuitele provizorii au un volum mai redus decît în cazul metodelor de curățire chimică dinamice, așa încît creșterea conținutului de fier în soluția de curățire chimică nu va fi totuși prea mare. Conform datelor experimentale discutate mai sus, se poate considera că, dacă după $t = 4$ h creșterea fierului în soluția de decapare acidă nu depășește cu mai mult de 15—30% conținutul de Fe de la t=2h, o a treia umplere a cazanului cu soluția de curățire nu mai este necesară și se poate trece la clătire.

Scăderea acidității soluției de decapare datorită consumării acizilor în reacțiile chimice care au avut loc în cursul decapării acide nu a fost după 6 ore decît de circa 5% față de concentrația soluției inițiale, ceea ce este în concordanță cu conținutul scăzut de fier dizolvat determinat.

Întrucît acidul fluorhidric este un material deficitar, în scopul economisirii acestuia s-au efectuat două serii de încercări comparative (V și VI) cu 1% și 0,5% HF, pentru a se vedea dacă soluția de decapare acidă rămîne eficace

și la un conținut mai scăzut de HF. Rezultatele obținute (vezi tabelul 3 și diagramele din figurile 5 și 6) arată că, pentru țevile noi, viteza de coroziune a avut aceleași valori: 30 g/m²·h la $t = 2$ h, 0,6—2,0 g/m²·h la $t = 4$ h și $t = 6$ h pentru ambele concentrații de HF. Pentru țevile vechi viteza de coroziune a fost mai mică cu circa 10% pentru HF = 0,5% față de HF = 1%, datorită dizolvării ceva mai lente a magnetitei. Pentru $t = 4$ h și $t = 6$ h, vitezele de coroziune au fost aceleași pentru ambele concentrații de acid fluorhidric. De aici rezultă că în instalațiile industriale curățirea chimică poate să decurgă în bune condiții cu concentrații de acid fluorhidric de 0,5%, concentrații de 1% HF putînd să fie utilizate numai pentru curățirea chimică a vaporizatoarelor care au funcționat perioade îndelungate de timp și care posedă pe suprafețele interioare ale țevilor depuneri de săruri cu un conținut mai ridicat de siliciu.

Seriile VII și VIII de încercări au fost efectuate de asemenea cu concentrații diferite de HF (0,5% și 1%), în condiții identice cu cele de la seriile V și VI, pentru a se observa reproductibilitatea rezultatelor. Din rezultatele obținute (vezi tabelul 3 și diagramele din figurile 7 și 8) se poate trage concluzia că reproductibilitatea rezultatelor a fost foarte bună.

Vitezele de coroziune la $t = 2$ h, $t = 4$ h și $t = 6$ h reprezintă de fapt media vitezei de coroziune pe intervale de cîte două ore. Pentru a se vedea care este variația vitezei în cuprinsul acestor intervale s-au efectuat seriile IX și X de încercări, determinîndu-se vitezele de coroziune la fiecare jumătate de oră pentru primele două ore și apoi la fiecare oră pentru $t = 4$ h și $t = 6$ h. Rezultatele acestor experimentări sînt cuprinse în tabelul 4, iar diagramele respective în figurile 9 și 10. Se observă, pentru ambii inhibitori experimentați, că în prima jumătate de oră, viteza de coroziune, sau mai corect spus viteza de dizolvare, este foarte mare. La $t = 1$ h, $t = 1\,1/2$ h, $t = 2$ h, ..., $t = 6$ h, vitezele de coroziune sînt foarte mici, atît pentru țeava nouă, cît și pentru țeava veche. În figura 10 se observă că pentru inhibitorul Ryphalgan utilizat la țeava veche, viteza de coroziune este încă de circa 10 g/m²·h, după $t = 1$ h, după care scade, dar ceva mai încet decît la Lithsolvent CL/2 (vezi fig. 9). Se poate trage concluzia că ambii inhibitori oferă o protecție bună, Lithsolventul fiind chiar ceva mai eficace.

3. Aplicații practice. Concluzii

Tehnologia de curățire chimică semistatică experimentată în laborator a fost aplicată la curățirea chimică a vaporizatorului unui cazan cu tambur tip PBZKG de fabricație R.S.C., cu debitul de 330 t abur pe oră și turbină de 100 MW. Țevile vaporizatorului au fost înlocuite în proporție de 85%, ceea ce a făcut necesară aplicarea unei metode care să permită curățirea chimică simultană, atît a țevilor noi avînd pe suprafețele interioare țunder, zgură, broșuri de sudură și urme de rugină rezultate în cursul depozitării și montajului, cît și a porțiunilor de țeavă veche (circa 15%), cu straturi interioare de magnetită aflate în stare relativ bună, avînd însă pe alocuri unele depuneri de săruri datorate funcționării îndelungate.

Metoda semistatică de curățire chimică a permis curățirea numai a sistemului vaporizator și a tamburului, curățirea chimică a celorlalte circuite ale cazanului nefiind oportună. Schema instalației de curățire chimică este dată în figura 11. Rezervorul 12 (fig. 11) de 100 m³

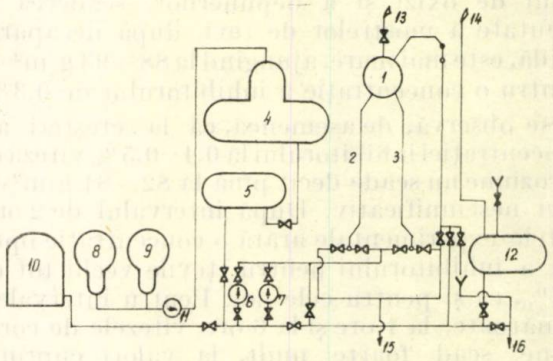


Fig. 1. Schema instalației de curățire chimică: 1 — tambur; 2 — ecran față + stînga; 3 — ecran spate + dreapta; 4 — degazor de 100 m³; 5 — rezervor apă demineralizată 100 m³; 6, 7 — pompe pentru curățirea chimică; 8, 9 — rezervoare condens 100 m³; 10 — rezervor apă demineralizată a 500 m³; 11 — pompă condens; 12 — rezervor pentru soluție de curățire chimică a 100 m³; 13, 14 — aerisiri; 15 — spre rețeaua de canalizare; 16 — spre rețeaua de neutralizare.

a fost utilizat ca rezervor de preparare a soluțiilor de curățire chimică. Încălzirea acestor soluții la temperaturile cerute de fiecare fază s-a făcut în acest rezervor cu ajutorul aburului introdus în volumul lichidului printr-o conductă perforată pe toată lungimea, imersată în soluție. Menținerea temperaturilor de regim a soluțiilor aflate în circuitul de spălare a fost făcută prin încălzirea țevilor ecran cu ajutorul unei instalații provizorii de încălzire cu flacără de gaz metan. Degazorul și condensatorul cazanului, precum și degazorul și condensatorul aferente unui cazan vecin aflat în revizie, au fost utilizate ca rezervoare de stocare a apei demineralizate necesare preparării soluțiilor și clătirilor. Au fost, de asemenea, utilizate pentru transportul soluțiilor și a apei de clătire două pompe de 60 m³/h fiecare. Ecranele vaporizatorului precum și tamburul au fost legate în serie, după cum urmează: ecran față + ecran lateral stînga — tambur — ecran spate + ecran lateral dreapta. Sensul de circulație a soluțiilor chimice și a apei de clătire a putut fi inversat periodic, după necesitate, prin manevrarea vanelor core-

punzătoare. Supraîncălzitorul nu a fost curăţit chimic, în afara conductelor de legătură de la tambur pînă la colectorul de intrare la supraîncălzitor, inclusiv acest colector, cu trecere printr-un colector provizoriu spre canalizare sau spre instalaţia de neutralizare. Ca rezervor de acumulare şi stocare a apei demineralizare a mai fost utilizat un rezervor exterior de 500 m³. În acelaşi scop au mai fost utilizate două rezervoare de condens (fig. 11, poz. 10, 8 şi 9) astfel încît rezerva totală de apă să fie suficientă. Volumul total al instalaţiei supuse curăţirii chimice, inclusiv volumul conductelor de legătură a fost de circa 100 m³.

Fazele curăţirii chimice, succesiunea acestora, precum şi parametrii de lucru au fost următoarele :

a. *Spălarea mecanică cu apă rece* : a fost efectuată în circuit deschis, cu apă filtrată, apa de spălare fiind eliminată în reţeaua de canalizare. Operaţia a fost efectuată circa 12 ore, pînă cînd apa eliminată în reţeaua de canalizare a devenit la fel de limpede ca la intrarea în instalaţie. Sensul de circulaţie a fost schimbat la intervale de cîte 1 oră, pentru a se evita localizarea impurităţilor în unele secţiuni ale instalaţiei. De asemenea, s-a procedat la închiderea şi deschiderea repetată şi rapidă a vanelor, pentru a se preveni înfundarea cu impurităţi a acestora, precum şi a pompelor. Cantitatea de apă filtrată consumată în cursul acestei faze a fost de circa 1000 m³.

b. *Spălarea mecanică cu apă caldă* : a fost efectuată cu apă filtrată şi încălzită la 70—80°C, prin umplerea şi golirea alternativă a instalaţiei. Apa rezultată din spălarea mecanică cu apă caldă a fost eliminată în reţeaua de canalizare. Prin manevrarea vanelor corespunzătoare, sensul de umplere şi golire a instalaţiei a fost inversat în mod repetat, la intervale de cîte 1 oră. Temperatura apei a fost ridicată la valoarea prescrisă şi menţinută cu ajutorul instalaţiei de încălzire a ţevilor ecran. După patru cicluri de umplere-golire, instalaţia a fost clătită cu apă filtrată, în circuit deschis, pînă cînd apa ieşită din instalaţie a fost la fel de limpede ca la intrare. Durata totală a acestei faze a fost de circa 16 ore.

c. *Degresarea alcalină* : apa demineralizată necesară preparării soluţiei pentru degresare a fost încălzită la 40—50°C, după care s-a adăugat o cantitate de leşie conţinînd circa 500 kg NaOH, astfel încît soluţia obţinută a avut o concentraţie de 0,5 % NaOH. Apoi temperatura soluţiei a fost ridicată la 80—90°C şi instalaţia a fost umplută cu această soluţie. După două ore s-a procedat la golirea instalaţiei de soluţie, care a fost transvazată în rezervorul de stocare (poz. 12, fig. 11). Soluţia a fost reîncălzită la 90°C şi operaţia a fost repetată de încă două ori, după care soluţia de degresare a fost evacuată la instalaţia de neutralizare. Clătirea instalaţiei a fost făcută cu apă demineralizată, în circuit deschis, pînă ce alcalinitatea la ieşirea din instalaţie a fost egală cu alcalinitatea apei demineralizate intrate în instalaţie. Pentru economisirea apei demineralizate, în prima parte a clătirii a fost utilizată apă filtrată şi numai în partea finală aceasta a fost înlocuită cu apă demineralizată. Apa de clătire după degresare a fost, de asemenea, eliminată în instalaţia de neutralizare. Rezervorul de stocare a soluţiei alcaline (poz. 12, fig. 11) a fost şi el clătit cu apă demineralizată, pînă la dispariţia ultimelor urme de alcalinitate. Durata a fost de 24 ore, iar consumul de apă de 1100 m³.

d. *Decaparea acidă* : apa demineralizată din rezervorul 12 (fig. 11) a fost încălzită la 40°C după care s-a adăugat inhibitor Lithsolvent CL/2 pînă la concentraţia de 0,3 %. După omogenizarea soluţiei s-a dozat H_2SO_4 concentrat pînă la o concentraţie a soluţiei de 2 % şi HF 38 % pînă la 1 %. Soluţia acidă a fost încălzită la 60—65°C, după care a fost transvazată în instalaţie. Durata umplerii a fost de circa 1 oră, iar timpul de staţionare a soluţiei în instalaţie a fost de două ore. Apoi soluţia acidă a fost adusă din nou în rezervorul de stocare şi reîncălzită. Operaţia a fost reluată de încă două ori, pînă ce conţinutul în fier al soluţiei de decapare nu s-a modificat cu mai mult de 10—15 % faţă de ciclul precedent. Temperatura de lucru nu a depăşit 65°C, pentru a se evita descompunerea inhibitorului şi pierderea eficacităţii de protecţie a acestuia. În timpul decapării acide s-au efectuat aerisiri repetate, pentru a se elimina din instalaţie gazele formate ca urmare a atacului acid asupra metalului. După terminarea decapării acide, soluţia de decapare uzată a fost eliminată la neutralizare. Clătirea s-a efectuat cu apă demineralizată, în circuit deschis, cu eliminarea soluţiei de clătire rezultate, de asemenea, la neutralizare, pînă cînd pH-ul soluţiei la ieşirea din instalaţie a fost egal cu pH-ul apei demineralizate iniţiale, iar conţinutul de fier din soluţia eliminată a scăzut la zero. Durata fazei de decapare acidă, inclusiv clătirea, a fost de 12 ore, iar consumul de apă la clătire a fost de 700 m³.

e. *Pasivizarea* : a fost efectuată imediat după terminarea decapării acide, cu o soluţie conţinînd 0,5 % acid citric în care s-a adăugat soluţie de NH_4OH 25 % pînă la pH = 9, astfel încît acidul citric să treacă în citrat terţiar de amoniu. După omogenizarea soluţiei s-a adăugat azotit de sodiu pînă la o concentraţie de 0,5 %, iar temperatura soluţiei rezultate a fost ridicată la 90°C, după care aceasta a fost introdusă în instalaţie, unde a fost menţinută timp de 24 ore. Temperatura soluţiei de pasivizare a fost menţinută la 90°C cu ajutorul instalaţiei provizorii de încălzire a ţevilor ecran cu flacără de gaz metan. La terminarea pasivizării, soluţia a fost eliminată la neutralizare fără a se clăti

instalația. Durata pasivizării a fost de circa 28 ore, iar consumul de apă de circa 100 m^3.

După pasivizare, cazanul a fost uscat, fără a avea soluție sau apă în el, la temperatura de 200°C, cu ajutorul instalației provizorii de încălzire cu gaz metan. În stare uscată, suprafețele interioare ale țevilor astfel curățite chimic și pasivizate, pot fi păstrate cel mult douăzeci de zile pînă la punerea în funcțiune a grupului.

La terminarea curățirii chimice și a pasivizării s-au tăiat mostre de țevi de oțel din toate secțiunile cazanului, constatîndu-se că toate incluziunile de pe suprafețele interioare ale țevilor noi, precum și stratul de magnetită și depunerile de pe suprafețele interioare ale țevilor vechi au fost înlăturate, fiind înlocuite în ambele cazuri cu un strat subțire și compact de magnetită, de culoare închisă.

Ca urmare a aplicării metodei semistatice de curățire chimică, comparîndu-se rezultatele obținute cu cele ale metodei dinamice, actualmente cea mai răspîndită, se pot trage următoarele concluzii:

— durata totală a operației a fost de 5 zile, față de circa 10—12 zile necesare la utilizarea metodei dinamice, reducerea duratei de lucru fiind de 40—50%;

— costul instalațiilor provizorii (construcții și montaj) se reduce cu circa 40% față de costul instalațiilor utilizate în metoda dinamică;

— se realizează o economie importantă de energie. Consumul de energie este redus cu circa 40% față de metoda dinamică;

— metoda semistatică permite curățirea chimică separată, numai a secțiunilor de cazan afectate, consumul de reactivi fiind astfel redus cu 30—40% față de metoda dinamică. Prin aceasta crește și durata de viață a instalațiilor, reducîndu-se în același timp duratele de oprire a instalațiilor pentru reparații;

— consumurile de apă filtrată și apă demineralizată se reduc cu 25—40% față de meoda dinamică.

Metoda semistatică este indicată, în primul rînd, pentru curățirea chimică a vaporizatoarelor cazanelor de abur cu parametri înalți, putînd fi utilizată însă și pentru curățirea chimică a celorlalte secțiuni ale cazanelor. Este, de asemenea, utilizabilă pentru curățirea chimică a cazanelor cu parametri mai mici sau a boilerelor pentru termoficare, cu avantaje tehnico-economice certe.

(Primit 11 septembrie 1984, acceptat la 27 iunie 1985)

Cauze și interpretări de vibrații ale mașinilor energetice

Ing. Ion Istrate*

Descriptori: turbogeneratoare, mașini rotative, vibrații

Power Machines Vibrations Causes and Interpretations

(Condensed from the paper in Romanian)

The paper treats aspects of vibrations levels increase with rotating power machines and tries to present a synthesis of the causes which contribute to the vibrations' amplification showing some procedures to detect damaging vibrations.

The causes of vibrations have been classified as parts' execution or reconditioning faults, rigging faults, or operation faults and they lead to the vibrations' level increase contributing to the untimely wear of the machines.

Some of the mechanical damages presented intend to draw the experts' attention to consider them right from the primary rigging phase.

The second part analyzes some faults (vibrations' causes) which can be identified by the analysis of fundamental machines frequencies or of their harmonics. Thus, by the rated machine frequency (n/60) faults referring to rotors disequilibriums (blade fracture, parts' loosening, rotor bending, etc.), rotors couplings decentrations, bearing faults, electrical faults can be found out.

The higher machines' frequencies (2n/60) help to detect faults caused by shaft lines decentrations, wrong bearing clearances, ovalities of internal bearing rings, or ovalities of rotor pins placed on slide bearings.

The last part of the paper presents the machine's vibrations harmonics analysis in order to enable the operator to calculate the real vibration speed and to introduce in norms or standards the vibration level of the machine which is analysed.

* Ing. Ion Istrate lucrează la Intreprinderea Energoreparații — București

Generalități

Mașinile se deteriorează rareori fără semne prealabile de creștere a nivelurilor de vibrații, sau de funcționare a acestora fără niveluri înalte de vibrații.

Experiența a dovedit că la mașinile care au o funcționare liniștită, respectîndu-se normele nivelurilor de vibrații prescrise, piesele supuse solicitărilor de uzură au o comportare normală într-un ciclu de reparații. Dimpotrivă, la mașinile care funcționează cu niveluri înalte de vibrații și un timp îndelungat, piesele supuse fenomenului de uzură trebuie recondiționate sau înlocuite într-un timp mai scurt decît durata unui ciclu de reparații.

Defectele unei mașini sînt în cele mai multe cazuri caracterizate prin creșterea nivelului de vibrații care poate fi măsurat în zonele lagărelor și care poate servi ca un indicator în aprecierea generală privind funcționarea mașinii.

Curba reprezentată în figura 1 este caracteristică pentru variația nivelului de vibrații în timp, ilustrînd fenomene de uzură: eroziuni, coroziuni, deformații, descreșteri, tasări etc.

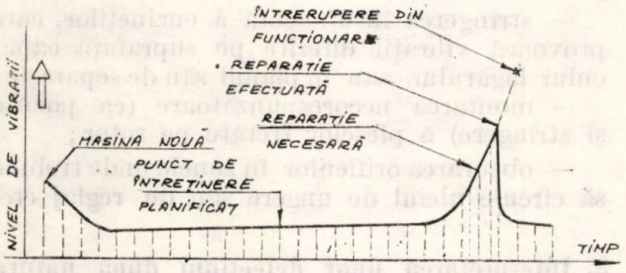


Fig. 1. Variația nivelului de vibrații în timp.

Supravegherea stării mașinilor prin măsurarea periodică a nivelurilor de vibrații a dovedit că prezintă avantaje economice, ca urmare a evitării efectelor de avarii produse prin întreruperea prin surpriză a funcționării acestora. Măsurarea periodică și sistematică a nivelului de vibrații ale mașinilor, permite cunoașterea cauzei vibrației în stare incipientă și luarea de măsuri corespunzătoare pentru evitarea creșterii vitezei de uzură a pieselor și implicit la supravegherea bunei funcționări a mașinii.

1. Cauze care produc creșterea nivelurilor de vibrații

Cauzele care provoacă vibrații mărite la turbomașini sînt multiple și greu de depistat, mai cu seamă că, de obicei, corpurile care vibrează nu oscilează totdeauna după o lege armonică:

$$X = X_0 \sin(\omega t + \varphi). \qquad (1)$$

În cele mai multe cazuri curba de oscilație este o rezultantă a tuturor armonicilor (de frecvențe diferite) care acționează asupra corpurilor care vibrează. Se poate afirma, deci, că pentru o cercetare de cauze de vibrații, trebuie să se facă analiza armonicilor care întreține fenomenul de vibrații.

În cazul în care curba de vibrații este o sinusoidă (relația 1) fenomenul perturbator privind creșterea vibrațiilor este tipic dezechilibrului rotorului.

Cauzele de natură mecanică și de exploatare care pot contribui simultan sau individual la creșterea vibrațiilor mașinii în timp, sînt multiple. Cele mai frecvent întîlnite se referă la:

— uzura neuniformă prin eroziune a paletelor;

— dezlipirea unor plăcuțe dure placate pe bordul de atac al profilului paletei în zona de eroziune a acestora;

— ruperea unor părți din paletele rotorice sau a unor palete întregi;

— ovalizarea fusurilor, care creează vibrații de frecvențe superioare în raport cu turația mașinii;

— descentralizarea liniei de arbori;

— încovoierea rotorului datorită unor cauze mecanice sau termice (de exploatare);

— modificarea rigidității batiurilor lagărelor, ca urmare a slăbirii strîngerii capacului cuzinetului etc.;

— instabilitatea construcției fundației datorită îmbătrînirii betonului, ceea ce schimbă modulul de elasticitate, apariția fisurilor, separarea armăturii din beton etc.;

— mărirea jocurilor în lagăre ca urmare a uzurii;

— slăbirea îmbinărilor lagărelor pe reazime și fundație;

— deformația palierelor și carcaselor din cauza încălzirii și răcirii incorecte a turbomașinii;

— jocuri necorespunzătoare la lagărul radial;

— slăbirea unor piese fretate pe rotoare;

— jocuri mici în labirinți;

— gripări și blocări de pene și batiuri care împiedică deplasările părților statice etc.;

— zgomote și vibrații la periile colectoare ale mașinilor electrice, datorită unei presări slabe a periilor, precizia și calitatea nestisfăcătoare de prelucrare a suprafeței de lucru și a portperiilor, manifestată prin jocurile exagerate între perie și armătură, sau defecte ale dispozitivului de apăsare;

— zgomote și vibrații la angrenaje datorită defectării danturii sau unei funcționări a acestora cu jocuri necorespunzătoare etc.;

— zgomote și vibrații la rulmenți datorită deformării pieselor componente, serajului necorespunzător între rulment și arbore sau carcasă etc.;

— zgomote aerodinamice întîlnite la ventilatoare, turbine, pompe etc., ca urmare a neomogenizării locale a fluidului, fie la intrarea în rotor, fie la ieșirea din el, datorită unei spălări necorespunzătoare a pieselor de către fluidul în circulație. În felul acesta cîmpul de viteze și de presiuni este diferit, producîndu-se zgomote, cavități, eroziuni etc.

Printre piesele care sînt supuse activ influenței vibrației mașinii se evidențiază în mod deosebit și lagărele de alunecare.

Presiunile din pelicula de lubrifianți se transmit și asupra materialului pereților, prin intermediul masei fluidului, reproducîndu-se fidel, ca mărime și poziție, profilul variației presiunilor din peliculă. În consecință, pereții cuplului (cuzinet-fus) vor fi solicitați la eforturi neuniforme repartizate pe suprafețele cuzinetului și a fusului. La cuzinet profilul de variație a presiunilor hidrodinamice are un caracter static, fiind solicitată permanent aceeași zonă de perete la presiunea maximă.

Dacă sarcinile exterioare acționează asupra lagărului în condiții dinamice (cu niveluri înalte de vibrații), presiunile din filmul de lubrifiant iau același caracter, transmițîndu-se sub aceeași formă asupra materialului pereților, solicitîndu-l astfel la oboseală mecanică.

Efortul oboselii se manifestă prin apariția la început a unor fisuri sinuoase, care pleacă de la suprafața activă în adîncime către metalul de bază, conducînd la desprinderea bucăților de aliaj. Sub acțiunea căldurii generate prin frecare, bucățile desprinse se topesc și datorită presiunilor sînt expulzate din locașurile lor, producîndu-se avaria.

1.1. Cauze de vibrații generate de calitatea necorespunzătoare a montajului sau reparației

Cauzele care pot crea niveluri înalte de vibrații, chiar de la punerea în funcțiune a unei mașini noi sau reparate, se referă la:

— nerealizarea corectă a petei de contact dintre fus și cuzinet;

— tușarea necorespunzătoare a perniților cuzinetului;

— strîngerea necorespunzătoare și neuniformă realizată între capacul lagărului și cuzinetului superior;

— jocuri necorespunzătoare în lagăre: jocul în lagăr și grosimea minimă h_0 a peliculei de lubrifiant sînt mărimi în interacțiune reciprocă și multidependente de viteză, încărcare, material (coeficient de dilatație termică și deformațiile locale posibile sub efectul presiunilor), precizia formei geometrice, calitatea suprafeței, rigiditatea fusului, modul de rezemare a cuzinetului, încălzirea lagărului, respectiv frecarea în lagăr.

Vibrațiile mari duc la încovoierea arborelui. Această fibră medie deformată are ca efect înclinarea fusului în cuzinet. Efectul cel mai dăunător al înclinării este creșterea rapidă a temperaturii din cauza frecării fusului pe muchia cuzinetului, putîndu-se ajunge la gripaj;

— ovalizări și conicități de fuse în zonele active ale lagărelor care depășesc valorile indicate în pașapoartele mașinii;

— nerespectarea jocurilor axiale dintre rotor și stator;

— reglarea necorespunzătoare a jocurilor de la penele și batiurile mașinii care au rolul să asigure și să dirijeze deplasările create de regimul termic în timpul pornirii-funcționării și opririi acesteia;

— echilibrarea necorespunzătoare a rotoarelor;

— centrarea necorespunzătoare a liniei de arbori;

— realizarea jocurilor mici în labirinți, care pot conduce la frecări locale ale rotorului, respectiv la încovoierea acestuia în perioada de pornire sau oprire a mașinii;

— centrarea liniei de arbori fără a se ține seama de efectul apei din condensator în timpul funcționării mașinii;

— strîngerea insuficientă a cuzineților, care provoacă vibrații diferite pe suprafața capacului lagărului sau în planul său de separație;

— montarea necorespunzătoare (ca poziție și strîngere) a pieselor fretate pe rotor;

— obturarea orificiilor în zonele unde trebuie să circule uleiul de ungere sau de reglaj etc.

2. Interpretarea unor defecțiuni după natura frecvențelor excitatoare

O mașină rotativă funcționează liniștit atît timp cît asupra subansamblului sau pieselor ei nu acționează defecțiuni de natură să amplifice nivelul vibrațiilor mașinii.

Pentru a ne face o imagine asupra unor defecțiuni care contribuie la creșterea vibrațiilor mașinii rotative, se prezintă cîteva din acestea, precum și criteriile lor de diagnosticare:

1. Piesele în mișcare de rotație care nu sînt echilibrate, au la origine frecvența turației $\left(\frac{n}{60}\right)$, iar pe aparatul de măsurat vibrația se înregistrează o curbă rezultantă în care predomină armonica frecvenței turației.

2. Descentrarea liniei de arbori poate crea curbe de vibrații care să aparțină următoarelor armonici:

— frecvența turației . . . . . $\frac{n}{60}$ Hz

— dublul frecvenței turației . . . $\frac{2n}{60}$ Hz

3. Jocul în carcasa palierului creează, de obicei, vibraţii cu frecvenţe subarmonice ale turaţiei :

— subarmonica . . . . . $\frac{1}{2}\left(\frac{n}{60}\right)$ Hz

— subarmonica . . . . . $\frac{1}{3}\left(\frac{n}{60}\right)$ Hz

4. Instabilităţile fusului rotorului create de filmul de ulei din lagăr, pot pune în evidenţă vibraţii cu frecvenţe subarmonice de $\sim\frac{1}{2}\left(\frac{n}{60}\right)$.

5. Jocurile mecanice creează vibraţii cu frecvenţe duble ale armonicii turaţiei $2\left(\frac{n}{60}\right)$.

6. Angrenajele deteriorate sau defecte, pun în evidenţă vibraţii cu frecvenţa multiplului dinţilor angrenajului :

$$f = Z \times \frac{n}{60}, \text{ [Hz]} \qquad (2)$$

în care :
Z reprezintă numărul de dinţi al roţii ;
n — rotaţia pe minut a axului roţii.

Componentele vibraţiilor şi zgomotelor angrenajelor au un caracter discontinuu cu frecvenţa fundamentală $\left(\frac{n}{60}\right)$.

7. Neuniformitatea grosimii inelelor interioare ale rulmenţilor provoacă o componentă a vibraţiei cu frecvenţa egală cu armonica turaţiei :

$$f = \frac{n}{60}. \qquad (3)$$

8. Ovalitatea inelelor interioare ale rulmenţilor este sursa componentei de vibraţie şi zgomot cu frecvenţa egală cu dublul armonicii turaţiei :

$$f = \frac{2n}{60}. \qquad (4)$$

9. Vibraţiile induse electric, care dispar prin întreruperea alimentării de la reţea, pot fi depistate la următoarele frecvenţe :

— armonica turaţiei . . . . . $\frac{n}{60}$ Hz ;

— prima armonică sincronă ;

— a doua armonică sincronă.

10. Ovalitatea fusurilor care funcţionează în lagărele de alunecare poate crea vibraţii cu frecvenţa egală cu dublul armonicii turaţiei (relaţia 4).

11. Zgomotul produs de neomogenitatea curentului fluidului la pompe, ventilatoare, turbine este pus în evidenţă de frecvenţa armonicilor superioare :

$$f = Z\frac{n}{60}, \text{ [Hz]} \qquad (5)$$

în care :
Z este numărul de orificii pe unde poate circula fluidul ;
n — rotaţia arborelui [rot/min].

Schema formării zgomotului datorită neomogenităţii curentului fluidului este reprezentată în figura 2.

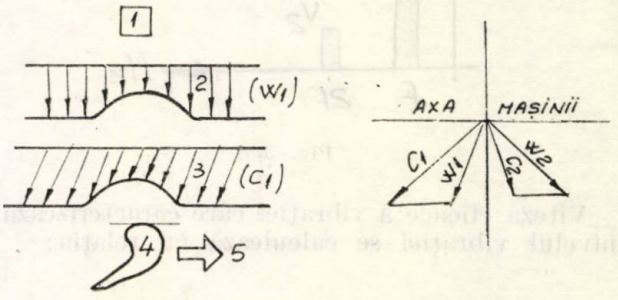


Fig. 2. Formarea zgomotului datorită neomogenităţii curentului fluidului :

1 — obstacolul care modifică cîmpul de viteze al fluidului în drumul său ; 2 — cîmpul de viteze în mişcare relativă (W_1) ; 3 — cîmpul de viteze în mişcare absolută (C_1) ; 4 — paleta rotorului ; 5 — sensul de rotaţie.

3. Analiza armonică a vibraţiilor

La maşina la care se semnalizează niveluri de vibraţii care depăşesc normele specifice maşinii respective, se impune analiza vibraţiilor pentru a se putea cunoaşte cauza care le-a amplificat.

Analiza armonică a vibraţiilor trebuie să urmărească filtrarea tuturor vitezelor vibraţiilor şi frecvenţele acestora, pentru a se putea analiza intensităţile vitezelor şi frecvenţele lor.

Pentru exemplificare, se prezintă curba compusă de vibraţii din figura 3 şi intensităţile vitezelor necesare acestor vibraţii în figura 4.

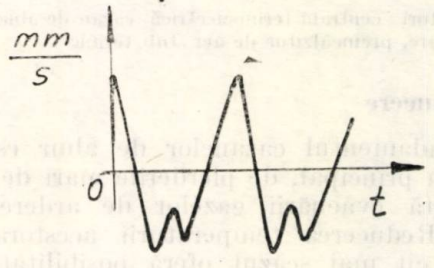


Fig. 3.

Din analiza figurii 4 se observă că în zona unde s-au măsurat vitezele vibraţiilor şi frecvenţele acestora, acţionează două viteze ale vibraţiei, deci două cauze perturbatoare :

— o cauză perturbatoare are frecvenţa vibraţiei egală cu armonica turaţiei maşinii ($f = n/60$ Hz) şi acţionează cu viteza $V_1 > V_2$ asupra maşinii ;

— a doua cauză are frecvența vibrației dublă în raport cu armonica turației mașinii (relația 4) și acționează cu viteza V_2 asupra mașinii.

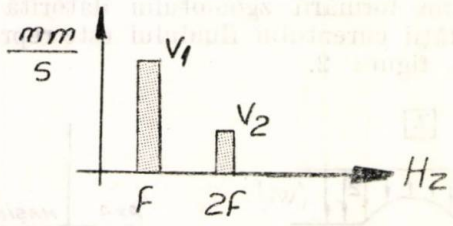


Fig. 3.

Viteza eficace a vibrației care caracterizează nivelul vibrației se calculează cu relația:

$$V_{ef} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{V_1^2 + V_2^2} \text{ [mm/s]}. \quad (6)$$

Pentru reducerea intensității vitezei eficace (V_{ef}) se urmărește reducerea componentelor acestor viteze. În exemplul prezentat se va reduce viteza V_1, care are frecvența forței excitatoare egală cu armonica turației. În acest caz, se are în vedere, în mod deosebit, reechilibrarea rotorului, care, în cazul de față, are o pondere foarte mare în creșterea nivelului de vibrații din exemplul prezentat (fig. 3 și 4).

În cazul general de analiză armonică, viteza eficace și amplitudinea vibrației se calculează cu relațiile;

$$V_{ef} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{V_1^2 + V_2^2 + \ldots + V_n^2}, \text{ [mm/s]} \quad (7)$$

$$X_0 = \frac{V_{ef}\sqrt{2}}{\pi \frac{n}{30}}, \text{ [mm]} \quad (8)$$

în care:

V_{ef} este viteza eficace calculată cu relația (4);

n — turația mașinii [rot/min].

După cunoașterea valorilor (V_{ef} și X_0) se poate face interpretarea nivelului de vibrații calculat cu nivelurile de vibrații prescrise în normele în vigoare.

Concluzii

Scopul lucrării este de a sintetiza cauzele cele mai frecvente care contribuie la amplificarea vibrațiilor mașinilor energetice, precum și de a prezenta unele moduri de interpretare a anumitor cauze.

Această sinteză poate fi utilă personalului de reparații și exploatare a mașinilor energetice, precum și personalului care se ocupă cu profilaxia măsurării vibrațiilor la mașinile rotative.

Funcționarea mașinilor cu niveluri de vibrații corespunzătoare normelor specifice, contribuie la menținerea durabilității pieselor și subansamblurilor supuse la solicitări dinamice înalte și evită avariile.

(Primit la 17 aprilie 1984, acceptat la 27 iunie 1985)

Preîncălzitoare de aer cu tuburi termice pentru cazane de abur

Ing. Anton Roșu*

Descriptori: centrală termoelectrică, cazan de abur, combustibil sulfuros, gaze de ardere, coroziune acidă, căldură reziduală, recuperare, preîncălzitor de aer tub termic

Introducere

Randamentul cazanelor de abur este limitat, în principal, de pierderile mari de căldură datorită evacuării gazelor de ardere la coș (q_2). Reducerea temperaturii acestora la un nivel cît mai scăzut oferă posibilitatea obținerii unor economii importante de combustibil.

În vederea introducerii unor schimbătoare de căldură suplimentare la cazanele de abur este necesar să se analizeze atît fenomenele de coroziune care pot apărea la temperaturi scăzute, cît și posibilitățile de amplasare ale noilor recuperatoare. În ultimul timp au fost prezentate în literatura tehnică de specialitate numeroase soluții de rezolvare a acestor probleme, așa după cum rezultă atît din lista bibliografică publicată anterior [1, 2], cît și din sintezele documentare efectuate pe baza acesteia [3,4].

Una din cele mai eficiente soluții pentru funcționarea în domeniul coroziunii acide produse de gazele de ardere s-a dovedit a fi schimbătorul de căldură cu tuburi termice pentru preîncălzirea prealabilă a aerului necesar arderii combustibilului în focarul cazanelor de abur. Această soluție a fost experimentată pe un stand în condițiile combustibilului ars la CET Oradea, cu rezultate deosebit de încurajatoare [5].

În această lucrare se vor prezenta experiența acumulată pe plan mondial în utilizarea preîn-

* Ing. Anton Roșu este cercetător științific principal la ICEMENERG — București

călzitoarelor de aer cu tuburi termice la cazanele de abur și problemele specifice ridicate de proiectarea acestora.

1. Generalități

Tubul termic, inventat în 1831 de Jacob Perkinson, reprezintă o incintă (în cele mai multe cazuri de formă cilindrică) etanșă, vidată, căptușită cu material poros și umplută parțial cu un fluid de lucru. Un capăt al tubului se introduce în fluidul care cedează căldura, iar celălalt capăt în fluidul care preia căldura transportată sub forma ei latentă de agentul de lucru din interiorul tubului.

Agentul de lucru cu care este încărcat tubul se vaporizează în zona caldă, se deplasează datorită diferenței de presiune creată spre zona rece unde condensează cedînd căldura, după care se reîntoarce în zona caldă prin una din următoarele posibilități: gravitație (termosifon), capilaritate, forță centrifugă, cîmp electrodinamic sau forță osmotică [6].

Tubul termic a dovedit următoarele proprietăți care l-au făcut utilizabil într-o gamă largă de temperaturi, mergînd de la domeniul criogeniei pînă la peste 2000 K [6—16]:
— conductanță ridicată (se poate depăși valoarea 15 kW/cm², adică de sute de ori mai mare decît la cele mai bune materiale conductoare de căldură ca argintul, cuprul ș. a.; fluxul axial de căldură al unui tub termic cu apă funcționînd în jurul a 400 K este de cîteva sute de W/cm²);
— funcționare izotermă (fenomenul ciclic, vaporizare-condensare, avînd loc la o diferență de temperatură de numai cîteva grade, transferul de căldură se poate considera, practic, izoterm);
— transformator de flux termic (de la o sursă concentrată se poate disipa căldură pe o suprafață întinsă și invers) pînă la raportul 1 : 10;
— uniformizarea temperaturii;
— reversibilitate;
— fiabilitate ridicată, neavînd părți în mișcare;
— funcționare silențioasă;
— nu apelează la surse suplimentare de energie electrică pentru transportul căldurii;
— funcționează în orice poziție în spațiu (mai puțin termosifonul).

În domeniul energetic s-a impus folosirea tubului termic gravitațional fără căptușeală capilară, denumit și termosifon, cu umplere mare cu apă (denumit tub Perkins).

N. V. Kuznețov a propus în 1954 utilizarea tuburilor termice pentru construcția treptei reci a preîncălzitorului de aer întrucît sînt mai puțin expuse la coroziune și pot proteja preîncălzitorul de aer de bază contra coroziunii și murdăririi [17].

În 1959 s-a montat un preîncălzitor de aer cu tuburi termice la CTE 5 Zakamskaia [18] și rezultatele pozitive obținute au permis generalizarea soluției atît în U.R.S.S. [19—23], cît și în alte țări [24, 25]. În figura 1 se prezintă schematic tubul termic și dispunerea lui

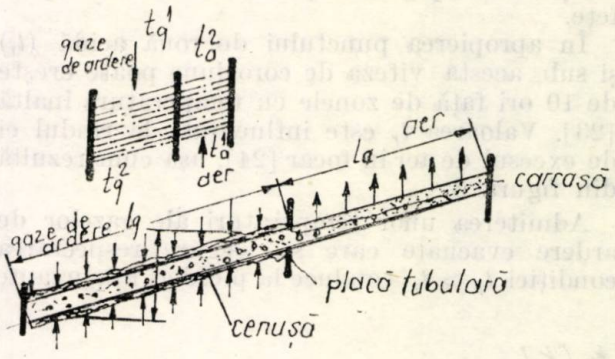


Fig. 1. Tubul termic gravitațional funcționînd ca element independent într-un preîncălzitor de aer preliminar: tg_1 și tg_2 — temperatura gazelor de ardere la intrarea și respectiv ieșirea din PATT; ta_1 și ta_2 — temperatura aerului la intrarea și respectiv ieșirea din PATT; l_g — lungimea tubului termic pe partea de gaze de ardere a PATT; l_a — lungimea tubului termic pe partea de aer a PATT.

într-un recuperator de căldură din gazele de ardere provenite din arderea unui combustibil solid [26], iar în figura 2, schema de amplasare în instalația de cazan a unui preîncălzitor de aer cu tuburi termice [27].

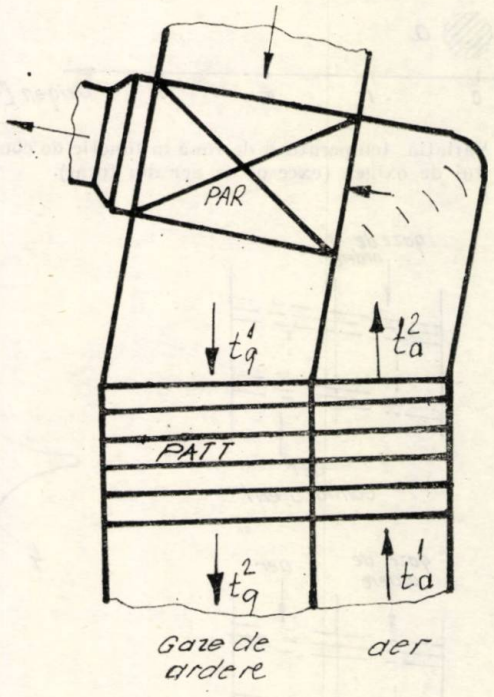


Fig. 2. Exemplu de schemă de amplasare a unui preîncălzitor de aer cu tuburi termice (PATT).

2. Comportarea preîncălzitorului de aer cu tuburi termice la coroziune acidă

Temperatura gazelor de ardere la evacuarea din cazanele care ard combustibili cu sulf este

limitată de pericolul apariției coroziunii acide. Intensitatea coroziunii suprafețelor finale de schimb de căldură este influențată, în primul rînd, de concentrația vaporilor de acid sulfuric și de temperatura peretelui acestor suprafețe.

În apropierea punctului de rouă acidă (t_r) și sub acesta viteza de coroziune poate crește de 10 ori față de zonele cu temperatură înaltă [23]. Valoarea t_r este influențată la rîndul ei de excesul de aer în focar [24], așa cum rezultă din figura 3.

Admiterea unor temperaturi ale gazelor de ardere evacuate care să asigure respectarea condiției $t_p > t_r$ conduce la pierderi importante de căldură cu gazele de ardere, deci la un randament scăzut al cazanului. De asemenea, randamentul electrofiltrelor este scăzut întrucît la temperaturi mai mari, viteza gazelor de ardere fiind mai mare, eficiența separării scade. Aceasta impune analizarea posibilităților de introducere în circuitul de gaze de ardere a unor schimbătoare de căldură care să funcționeze corespunzător și în condițiile coroziunii acide.

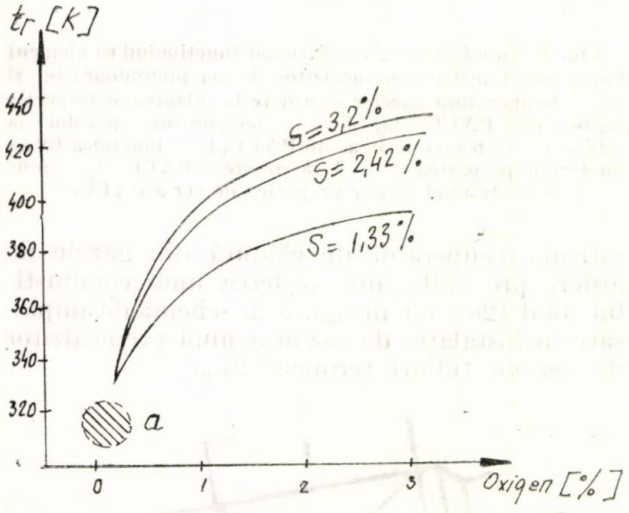


Fig. 3. Variația temperaturii de rouă în funcție de conținutul de oxigen (excesul de aer din focar).

În lucrările [3, 28 și 29] se analizează în detaliu aspectele legate de fenomenul de coroziune acidă și posibilitățile de funcționare în condițiile în care aceasta se manifestă puternic. S-a arătat că în domeniul de temperaturi din jurul punctului de rouă acidă cuprinse în apropierea valorii $t_r + 20$ grd există o zonă în care viteza de coroziune este ridicată, după care, la niveluri mai scăzute ale temperaturii, viteza de coroziune scade (fig. 4, curba 4). La dreapta punctului de maxim factorul care determină viteza de coroziune este cantitatea de rouă, iar la stînga lui factorul determinant este temperatura peretelui. Valoarea vitezei maxime de coroziune (circa 0,8 mm/an) se găsește după unii autori (Thurlow, G. G. ș. a.) la $t_p = t_r - (25-40)$ K. Astfel devine interesantă analiza posibilităților de amplasare în aceste zone a unor schimbătoare de căldură speciale. Preîncălzitorul de aer cu tuburi termice, pe care-l vom nota prescurtat PATT, este un astfel de recuperator de căldură care poate

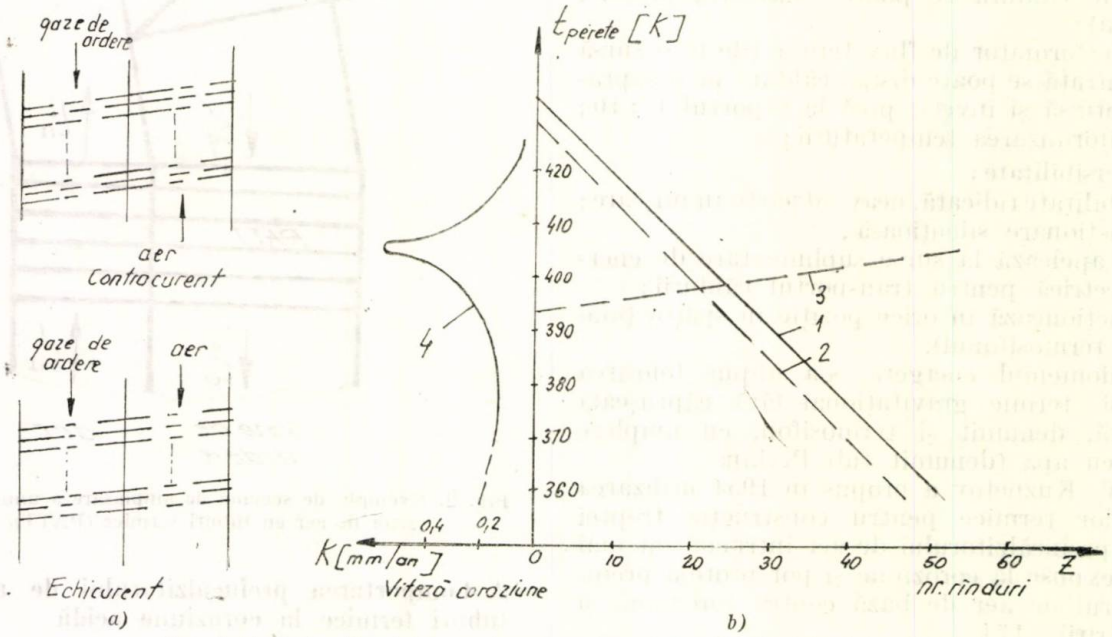


Fig. 4. Variația vitezei de coroziune de-a lungul șirurilor de tuburi termice :
1 — temperatura peretelui la punerea în funcțiune (contracurent) ; 2 — temperatura peretelui după circa 5 ani (contracurent) ; 3 — temperatura peretelui (echicurent) ; 4 — viteza de coroziune.

avea o funcționare satisfăcătoare sub punctul de rouă acidă, fiind mai puțin expus la coroziune și protejînd contra coroziunii și murdăririi preîncălzitorul de aer de bază (se știe, de exemplu, că la un PAR condiția pentru protecția contra coroziunii acide este ca temperatura umpluturii să aibă valoarea minimă $t_p^{min} \geqslant \geqslant 340-345$ K, adică la $t_g \cong 415$ K, t_a la intrare în recuperator să fie 325—335 K, valoare ușor de obținut cu ajutorul PATT). Conform [26] la cazane pe cărbune PATT poate funcționa în domeniul de temperatură a peretelui metalic cuprins între 353—433 K, în timp ce la cazane arzînd păcură sulfuroasă $t_p^{min} \geqslant 400$ K cînd $\alpha_F > 1{,}04$ și $t_p^{min} \geqslant 353-358$ K, cînd $\alpha_F < < 1{,}03$.

La preîncălzitoarele de aer tubulare (PAT) obișnuite, cu curenți încrucișați (fig. 5a), izotermele temperaturii pereților se dispun în direcție diagonală, în așa fel încît zona periculoasă din punct de vedere corosiv cuprinde, practic, toate țevile ultimei trepte.

La PATT temperatura peretelui tuburilor termice este suficient de constantă (fiind determinată de temperatura de saturație a agentului intermediar, la presiunea de lucru stabilită în interiorul tubului și de raportul α_g/α_a), încît se poate considera că izotermele merg de-a lungul tuburilor termice [18]. În acest fel un număr mic de rînduri de tuburi termice cad în zona periculoasă din punctul de vedere al coroziunii acide (fig. 5b). Acestea se pot străpunge după cîțiva ani, ceea ce face ca apa din ele, prin vaporizare, să se piardă,

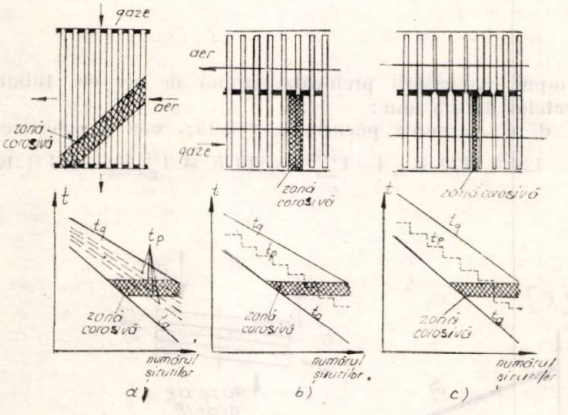


Fig. 5. Coroziunea țevilor preîncălzitoarelor de aer de diverse tipuri: a — PA tubulare obișnuite; b — PATT cu tuburi cu diametrul constant; c — PATT cu o parte din tuburi cu diametrul diferit pe partea de gaze de ardere față de cea de aer; t_g — temperatura gazelor de ardere; t_a — temperatura aerului; t_p — temperatura peretelui tuburilor.

tuburile termice ieșind astfel din funcțiune. Pe măsură ce datorită coroziunii unele tuburi termice se străpung, izotermele se deplasează și încep să se corodeze următoarele șiruri de tuburi. În timp, prin scoaterea din funcțiune a unei părți din suprafața schimbătoare de căldură, va scădea eficacitatea PATT, ceea ce determină creșterea corespunzătoare a temperaturii gazelor de ardere la evacuare (fig. 6).

Un avantaj important al PATT este faptul că prin spargerea unor tuburi termice etanșeitatea nu este afectată, nerealizîndu-se o cale de comunicare între canalul de gaze de ardere și cel de aer, ceea ce conduce la asigurarea funcționării în continuare fără pătrunderi de aer fals.

Analiza de detaliu a intervalului de temperaturi periculos din punctul de vedere al coroziunii acide [28], a condus la concluzia că, la arderea combustibililor solizi cu conținut ridicat de sulf, plaja care reprezintă cel mai mare grad de periculozitate este îngustă și este cuprinsă între punctele de rouă acidă $t_r = 395-425$ K și 380—385 K. De asemenea, sub punctul de rouă al vaporilor de apă $t_r^{H_2O} = 345$K, viteza de coroziune este mai mare. Rezultă astfel că, în intervalul 345—385 K, o suprafață de schimb de căldură cu grosimea pereților de 2—3 mm poate funcționa mult timp fără defecțiuni, întrucît viteza de coroziune are valori sub 0,2 mm/an.

S-a stabilit, de asemenea, că dimensiunea intervalului periculos depinde de nivelul temperaturii de rouă acide, crescînd odată cu creșterea acesteia.

Din experiența sovietică rezultă că pentru orice fel de combustibil solid cu conținut ridicat de sulf utilizarea PATT este indicată, iar realizarea sa ușoară, obținîndu-se coborîrea t_g^{evac} pînă la valori de 375—400 K.

De asemenea, PATT cu schemă în echicurent poate funcționa îndelung dacă temperatura aerului la intrarea în el este de 330—340 K [23], cînd se arde păcură.

La arderea combustibililor din care rezultă gaze de ardere avînd valori scăzute ale punctului de rouă acidă, coroziunea este mai puțin supărătoare, însă, în aceste cazuri, intervine murdărirea accentuată cu cenușă care elimină brusc eficiența termică a PATT.

Este de remarcat faptul că printr-o construcție specială a tuburilor termice amplasate în intervalul periculos de coroziune acidă se poate diminua în mare măsură distrugerea pereților. Procedeul ia în considerație mărimile de care depinde valoarea temperaturii peretelui t_p și, prin construcția tuburilor termice cu diametru diferit pe partea de aer față de cea de gaze de ardere se reușește modificarea raporturilor S_g/S_a și α_g/α_a în așa fel încît t_p să iasă din zona periculoasă (fig. 5 c). Spre exemplu, (fig. 7) conform [28], rîndurile de tuburi termice cuprinse în zona II „periculoasă" din punct de vedere corosiv (zonele I și III sînt nepericuloase) se împart în două: partea „a" în care diametrul tuburilor termice pe partea de gaze de ardere este $d_g = 32$ mm și pe partea de aer $d_a = 25$ mm și partea „b" în care $d_g = 25$ mm și $d_a = 32$ mm (în zonele I și II

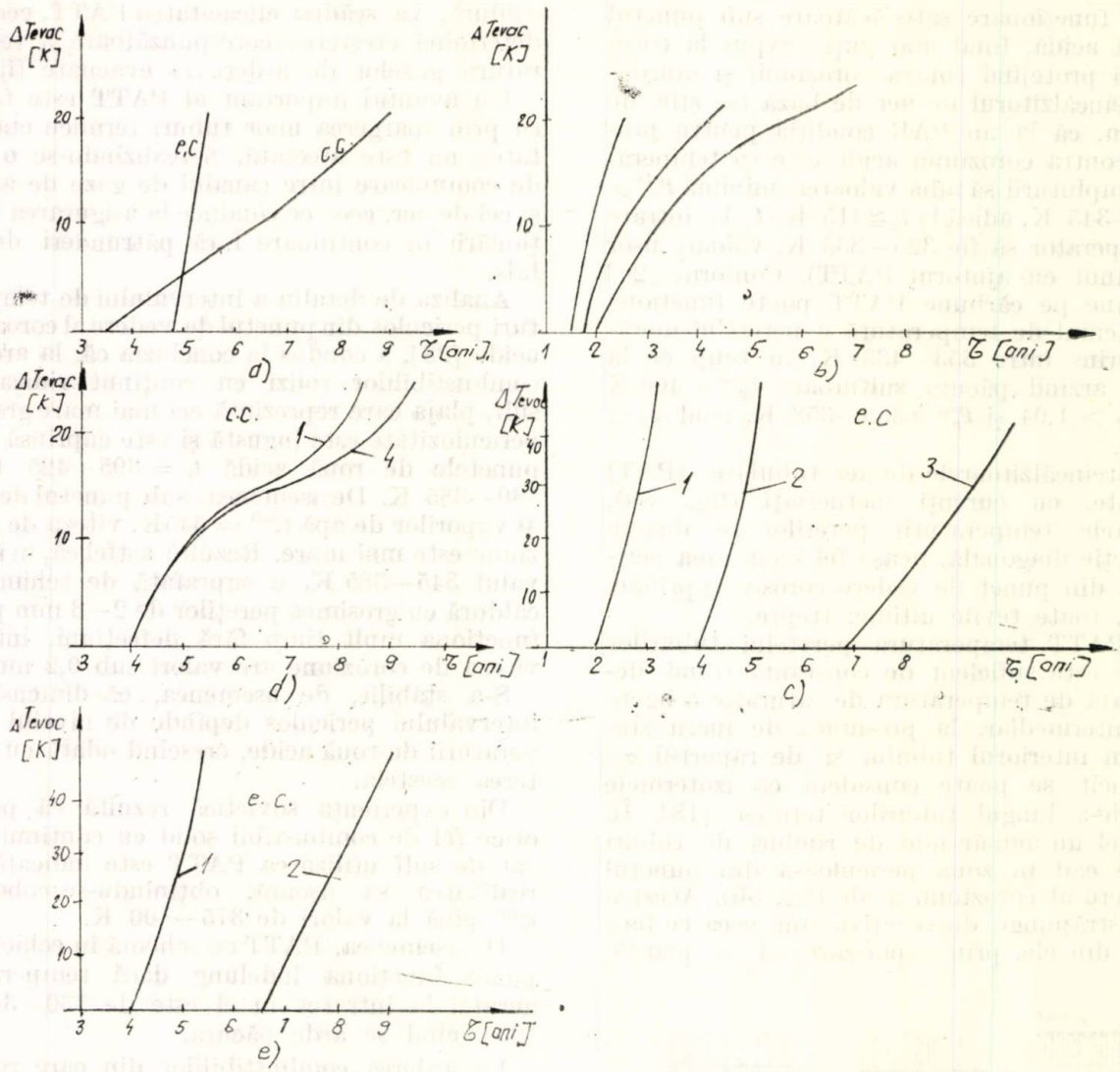


Fig. 6. Creşterea temperaturii gazelor de ardere la evacuare în timpul exploatării preîncălzitoarelor de aer cu tuburi termice pentru grosimea peretelui de 2,5 mm :
a — arderea cărbunelui ; b, c — arderea păcurii, $\alpha > 1{,}05 - 1{,}07$; d, e — arderea păcurii, $\alpha < 1{,}05$; c.c. — echicurent ; c.c. — contracurent ; $1 \div 3 - T_{aer}^{intr.} = 303$; 323 ; 343 K şi $T_{g.evac.}^{iniţial} = 420 - 422$ K ; $4 - T_{aer}^{intr.} = 340$ K şi $T_{g.evac.}^{iniţial} = 431$ K.

$d_g = d_a = 25$ mm). Efectul asupra curbei t_p este de „scoatere" a ei deasupra zonei periculoase în intervalul „a" şi dedesubtul ei în zona „b". Acest procedeu este eficient în cazul în care regimul de funcţionare a cazanului este pe cît posibil constant. Cînd sarcina cazanului este variabilă, regimul de temperaturi se modifică (t_g, t_p) şi construcţia tuburilor termice cu d_g diferit de d_a nu mai are eficacitatea scontată.

Conform [23] procedeul cu diametre diferite este eficient pentru schema în contracurent, cînd intervalul periculos al t_p nu depăşeşte 20—25 grd. Este de remarcat durata destul de mare de funcţionare (8—10 ani) a unor tuburi termice dimensionate pentru o viteză de coroziune admisibilă maximă de 0,2 mm/an şi o grosime a peretelui relativ mică, de 2—2,5 mm.

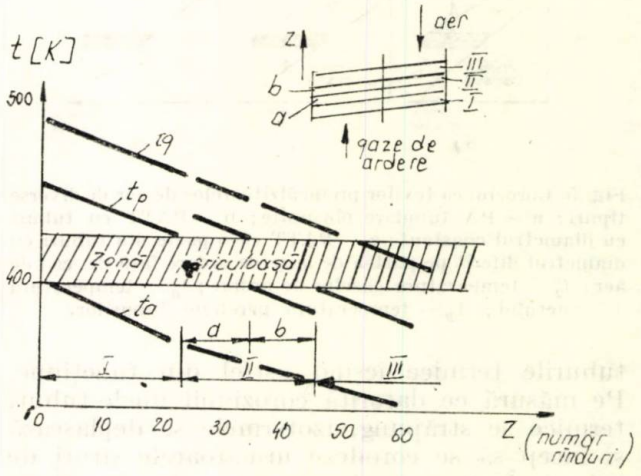


Fig. 7. Variaţia temperaturii gazelor de ardere t_g, aerului t_a şi peretelui tuburilor termice t_p de-a lungul PATT.

Chiar în cazul arderii unui cărbune cu conținut mare de sulf (bazinul Moscovei), este semnalată ieșirea din funcțiune numai a 25—30% din suprafața de schimb de căldură după o perioadă de 5—6 ani [19].

O altă construcție care permite diminuarea coroziunii acide în timpul pornirii cazanelor este preîncălzitorul de aer combinat [21]. Spre deosebire de PATT obișnuit, acesta este prevăzut cu o cameră de încălzire (o carcasă specială) în care pătrund capetele inferioare ale tuburilor termice și care se poate încălzi de la altă sursă de căldură (abur de 0,25—0,3 MPa sau apă caldă) în timpul pornirii (fig. 8).

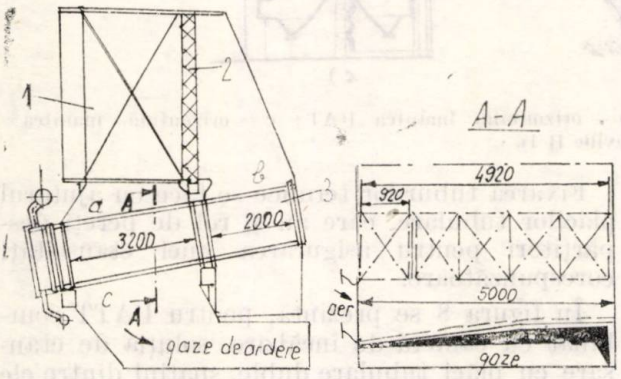


Fig. 8. Preîncălzitor de aer cu tuburi termice combinat: 1 — preîncălzitor de aer tubular; 2 — calorifer; 3 — PATT combinat; a — partea de gaze de ardere; b — partea de aer; c — perete despărțitor; d — camera de încălzire.

Astfel, încă înainte de aprindere, t_p poate fi adus la valori care exclud condensarea vaporilor de acid sulfuric și de apă din produsele de ardere pe suprafața tuburilor termice.

La cazanele de abur care ard păcură cu conținut ridicat de sulf și $\alpha_F \geqslant 1{,}15$, PATT se realizează, prin acoperirea cu email a tuburilor termice pe partea amplasată în gazele de ardere, deoarece, practic, în întreaga zonă de sub t_r viteza de coroziune este mare.

La diminuarea coroziunii contribuie și alegerea corespunzătoare a schemei PATT (în contracurent sau echicurent) care se face în funcție de calitatea combustibilului, așa cum se poate observa din figura 6 [23].

Pentru prelungirea duratei de viață a tuburilor termice, acestea pot avea în zona periculoasă grosimea peretelui mărită pînă la 3—5 mm.

3. Amplasarea PATT în instalația de cazan

Preîncălzitoarele de aer cu tuburi termice se pot amplasa ca suprafață finală de schimb de căldură, atît în canalul de gaze de ardere orizontal, cît și în cel vertical (fig. 9). La cazanele deja în funcțiune amplasarea unui PATT este funcție de spațiul disponibil existent. În lucrarea [19] sînt prezentate exemple de amplasare verticală și orizontală a PATT (fig. 10).

4. Construcția PATT

Soluția constructivă a PATT depinde, în primul rînd, de poziția în care se amplasează tubul termic. Acesta poate avea cu orizontala un unghi cuprins între 4°, poziție considerată pentru tubul termic orizontală, și 90°, poziție verticală (fig. 9). Așezarea orizontală a

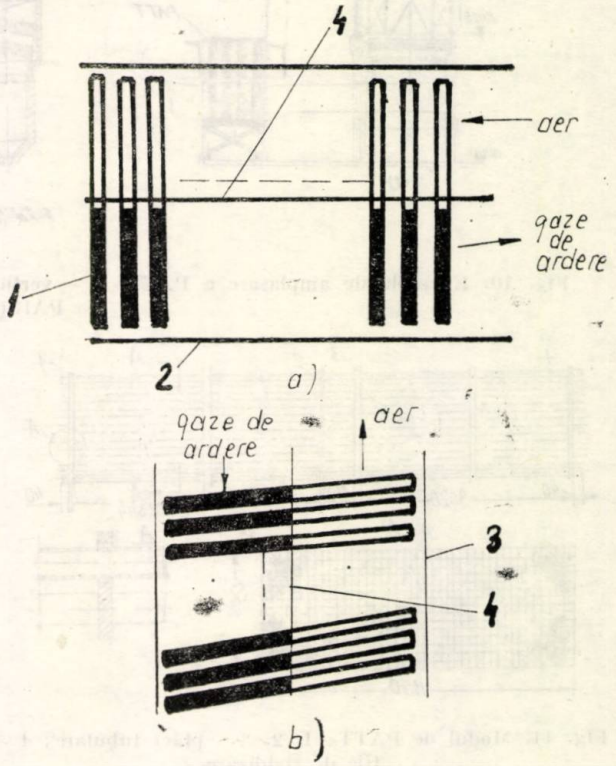


Fig. 9. Posibilități de amplasare a PATT: a — verticală; b — orizontală; 1 — tub termic; 2 — canal orizontal de gaze de ardere; 3 — canal vertical de gaze de ardere; 4 — placă tubulară.

tuburilor termice este într-o oarecare măsură mai eficientă datorită valorilor mai mici ale căderii de temperatură datorită efectului hidrostatic [20]. În figura 1 se prezintă în detaliu un tub termic amplasat orizontal într-un PATT.

În figura 11 este prezentat un exemplu de dispunere a fasciculului de tuburi termice într-un modul de PATT la termocentrala Zakamskaia (U.R.S.S.), cu detalierea trecerii tuburilor termice prin placa tubulară. Soluția PATT format din mai multe module de 3 t fiecare ușurează operațiile de construcție, montaj și reparații. Modul de realizare a PATT cu diametre diferite pe partea de gaze de ardere și de aer se prezintă în figura 12 (soluție aplicată la aceeași termocentrală).

Pentru mărirea eficienței termice este indicată aripare a tuburilor, după cum se prezintă în figura 13. În acest exemplu, experimentat în termocentrala Porcheville B [24], tuburile

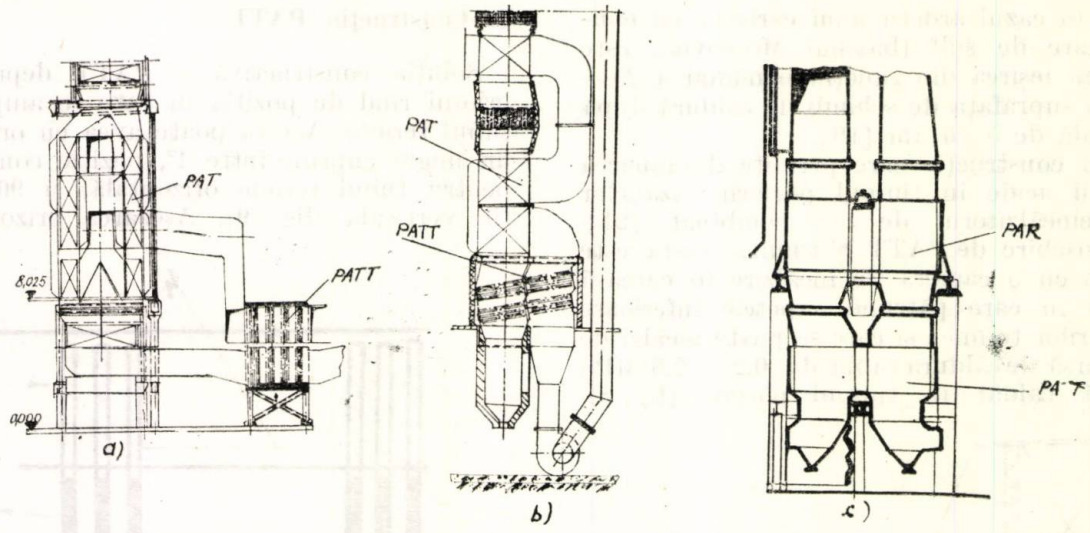


Fig. 10. Exemple de amplasare a PATT: a — verticală; b — orizontală, înaintea PAT; c — orizontală, înaintea PAR (Porcheville B 1).

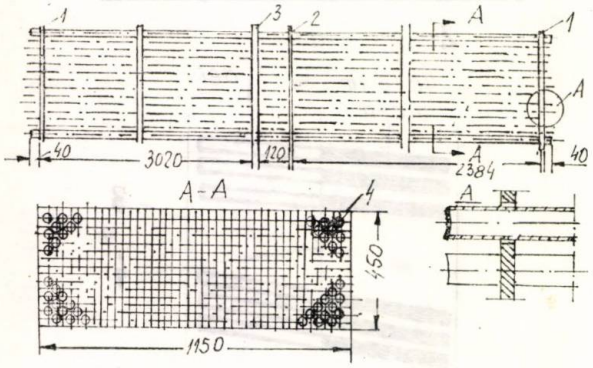


Fig. 11. Modul de PATT: 1, 2, 3 — plăci tubulare; 4 — tije de rigidizare.

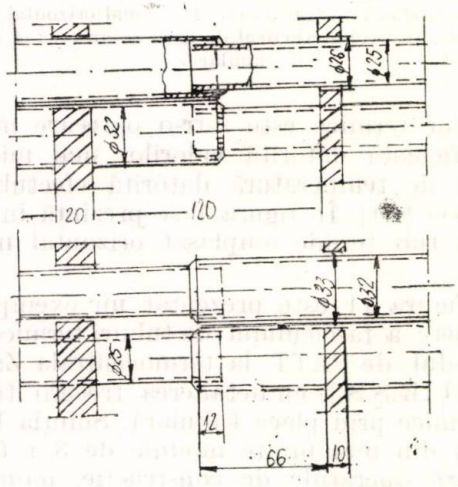


Fig. 12. Construcția zonei de trecere din partea de aer în partea de gaze pentru tuburi termice cu $d_g \neq d_a$.

termice au porțiunea amplasată în zona gazelor de ardere orizontală și cea din zona de aer ușor înclinată, pentru a ușura returnarea condensului din interiorul lor.

Fixarea tuburilor termice se face cu ajutorul plăcilor tubulare, care au și rol de pereți despărțitori pentru asigurarea unei etanșeități corespunzătoare.

În figura 8 se prezintă, pentru PATT combinat cu cameră de încălzire, soluția de etanșare cu plăci tubulare duble, spațiul dintre ele umplîndu-se cu mortar din ciment. În acest exemplu, aplicat la termocentrala Pribaltiskaia, tuburile termice sînt sudate pe placa tubulară interioară. Camera de încălzire este o cutie paralelipipedică sudată din tablă de oțel.

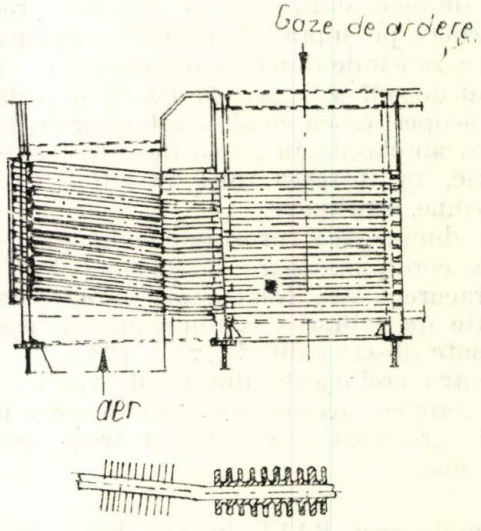


Fig. 13. Preîncălzitor de aer cu tuburi termice cu aripioare.

Dilatarea tuburilor termice în partea de aer este liberă (orificiile plăcii tubulare exterioare sînt cu puțin mai mari decît diametrul tuburilor), iar în partea de gaze de ardere dilatarea este permisă de deplasările plăcii tubulare marginale și a camerei de încălzire.

Tabelul 1

Nr. crt.	Termocentrala	Țara	Referința bibliografică	Număr de module [buc.]	Număr de tuburi termice [buc.]	Suprafața de schimb de căldură [m²]	Raportul suprafețelor părților de gaze și de aer S_g/S_a	Dimensiunile tubului termic				Pasul relativ		Înclinarea tuburilor față de orizontală [grade]
								d [mm]	L [m]	Lg [m]	La [m]	Transversal $\frac{s_1}{d}$	Longitudinal $\frac{s_2}{d}$	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Zakamskaia (cazan 6)	U.R.S.S.	20	—	—	1717	1,78	32 × 3 25 × 2	—	—	—	2,33	1,19	10
2	Zakamskaia (cazanele 2 și 4)	U.R.S.S.	20	—	—	4420	—	28 × 2	5,904	3,02	2,384	1,89	1,07	10
3	Pribaltiskaia	U.R.S.S.	21	—	—	1069	1,59	32 × 3,5	5,2	3,2	2	2,5	1,72	—
4	Zaporojstali	U.R.S.S.	22	8	2608	1235	—	32 × 3	5,9	3,5	2,4	2,5	1,25	10
5	Oradea	R.S.R.	5	1	150	60	1	32 × 3	4	2	2	4	2	6
6	Recomandare	U.R.S.S.	19	—	—	—	1,3...1,5	—	—	—	—	—	—	—
7	Recomandare	U.R.S.S.	30	—	—	—	1,3...1,6	—	—	—	—	2,4...2,7	1,3...1,5	—
8	Recomandare	U.R.S.S.	31	—	—	—	1,25..1,43	35...40	—	—	—	2,5	2	—

Caracteristicile constructive principale ale unor PATT instalate în unele termocentrale sînt prezentate în tabelul 1.

5. Tehnologia de construcție a tuburilor termice (umplere)

Construcția tuburilor termice și în special realizarea vidării corespunzătoare au o mare importanță în asigurarea eficienței funcționării PATT. Coeficientul global de schimb de căldură k este influențat direct în cea mai mare măsură de valoarea lui φ_a, care este unul din factorii coeficientului total de utilizare ξ_a PATT. Coeficientul φ_a caracterizează tocmai calitatea execuției tuburilor termice sau mai precis, nivelul vidului realizat.

În lucrarea [20] se prezintă rezultatele experimentale pe stand privind influența diferitelor procedee de vidare (sau de umplere) a tuburilor termice, asupra factorului φ_a. Aerul rămas nu participă la procesul de transmitere a căldurii și deoarece nu condensează se acumulează la capătul superior al tubului termic. Astfel, presiunea parțială crescută a aerului conduce la micșorarea presiunii parțiale a vaporilor de apă ceea ce are ca rezultat condensarea acestora la valori mai reduse ale temperaturii. Micșorîndu-se temperatura peretelui în această zonă se va micșora și diferența de temperatură între perete și fluidul care trebuie încălzit (aerul). Aceste modificări au fost confirmate experimental prin măsurarea temperaturii peretelui de-a lungul unor tuburi cu execuție bună (fig. 14 *a*) sau necorespunzătoare (fig. 14 *b*). Pe partea de gaze de ardere practic t_p nu variază.

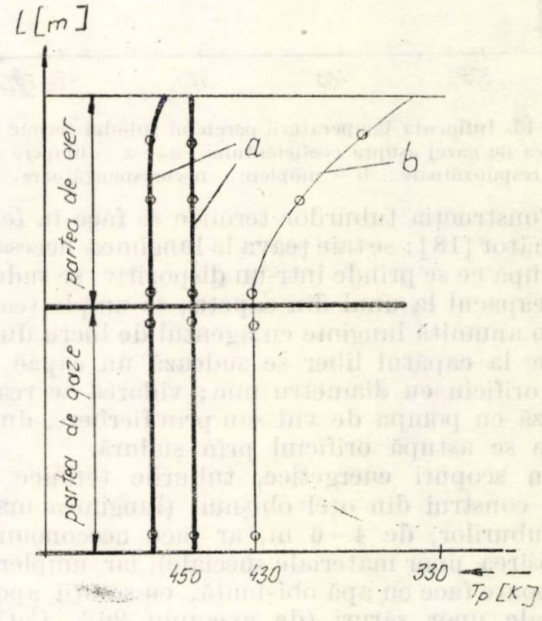


Fig. 14. Variația temperaturii peretelui în lungul tubului termic: a — umplere (vidare) corespunzătoare; b — umplere (vidare) necorespunzătoare.

La tuburile umplute necorespunzător, pe partea de aer se observă o scădere bruscă a valorii t_p, în timp ce la tuburile termice cu vid corespunzător apar ușoare scăderi ale t_p numai la capătul unor tuburi.

Pentru o umplere corespunzătoare coeficientul φ_a are valori cuprinse între 0,94 și 0,97, ceea ce face să se atingă valori medii ale coeficientului de utilizare a tuburilor termice ξ de circa 0,9, în timp ce pentru tuburile termice cu vid necorespunzător valorile lui φ_a au fost cuprinse între 0,45 și 0,7.

S-a constatat că la o temperatură mai ridicată de funcționare a unui anumit rînd de tuburi termice (egală practic cu temperatura peretelui în partea de gaze de ardere) calitatea necorespunzătoare a vidului influențează mai puțin coeficientul φ_a decît funcționarea la o temperatură mai scăzută (fig. 15 *b*).

La tuburile termice umplute corespunzător, temperatura de funcționare nu influențează practic, valoarea coeficientului φ_a (fig. 15 *a*). De exemplu, la o umplere corespunzătoare, la $t_p = 393$ K, $\Delta t = 1{,}2$ K, iar la $t_p = 278$ K, $\Delta t = 4$K.

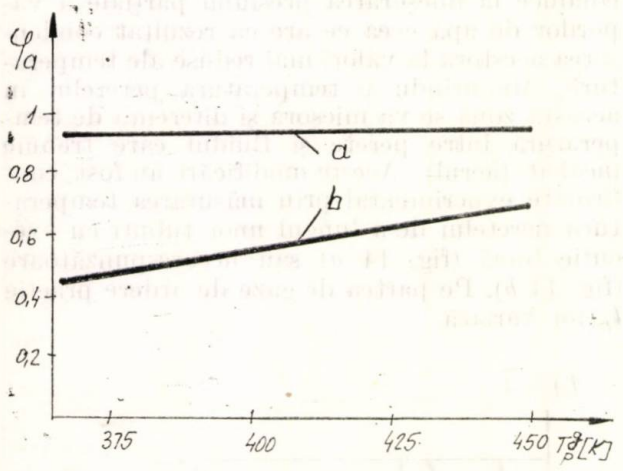


Fig. 15. Influența temperaturii peretelui tubului termic (pe partea de gaze) asupra coeficientului φ_a: a — umpere corespunzătoare; b — umplere necorespunzătoare.

Construcția tuburilor termice se face în felul următor [18]: se taie țeava la lungimea necesară și după ce se prinde într-un dispozitiv se sudează capacul la unul din capete; se umple țeava pe o anumită lungime cu agentul de lucru după care la capătul liber se sudează un capac cu un orificiu cu diametru mic; vidarea se realizează cu pompa de vid sau prin fierbere, după care se astupă orificiul prin sudură.

În scopuri energetice, tuburile termice se pot construi din oțel obișnuit (lungimea mare a tuburilor, de 4—6 m, ar face neeconomică folosirea unor materiale speciale), iar umplerea se poate face cu apă obișnuită, cu soluții apoase ale unor săruri (de exemplu 26% $CaCl_2$) sau cu un amestec de apă cu un agent rezistent la îngheț (de exemplu alcool etilic).

Tehnologia de umplere a tuburilor trebuie să corespundă următoarelor cerințe:
— asigurarea purității agentului de lucru (de exemplu apa trebuie distilată de cel puțin două ori);
— curățirea țevii (degresarea prin mijloace chimice);
— executarea corespunzătoare a sudurilor și controlul lor;
— vidarea corespunzătoare (eliminarea completă a gazelor necondensabile);
— umplerea cu agent de lucru în cantitatea stabilită;
— închiderea foarte etanșă a tubului termic;
— verificarea etanșeității.

Ca procedee de umplere s-au folosit cele cu:
— pompa de vid [20], considerată necorespunzătoare;
— umplerea pe 70% din lungimea țevii și încălzirea cu un arzător cu gaze pînă ce, după ieșirea la început a unui amestec de apă cu abur, se degajă stabil numai abur și se închide orificiul cu un cap conic care apoi se sudează [18, 20]; umplerea s-a considerat necorespunzătoare întrucît fierberea agentului de lucru nu este omogenă și se degajă parțial gazele necondensabile; de asemenea, sudura cepului cu flacără de gaz permite intrarea unor gaze necondensabile;
— umplerea completă a țevii și fierberea într-o stație de umplere pînă rămîne cantitatea de agent de lucru dorit [5], moment în care se astupă tubul prin sudură (umplere considerată necorespunzătoare);
— umplere pe 85—90% din lungimea țevii, asigurarea fierberii în întregul volum prin încălzirea pe toată lungimea țevii într-o cameră cu abur de 1,4—1,8 MPa și închiderea tubului prin sudură după ce s-a eliminat abur timp de circa 3 min; aceasta se consideră a fi umplere corespunzătoare [20].

6. Rezultatele obținute în exploatarea PATT

Prin folosirea PATT pentru recuperarea unei părți din căldura reziduală a gazelor de ardere în scopul preîncălzirii preliminare a aerului s-a putut coborî temperatura gazelor de ardere la evacuare pînă la 385 K la termocentrala Porcheville B [24], de la 475 la 445 K la cazanul Riley — Stoker din termocentrala Zaporojstali [22], de la 445—455 K la 425—435 K la termocentrala Pribaltiskaia [21], de la 465 la 445 K la termocentrala Zakamskaia [19], de la 463 la 440 K la CET Oradea și de la 473 la 415 K conform [23], realizîndu-se creșterea randamentului cazanelor cu 1—3%. Căldura cedată servește la preîncălzirea aerului cu 20—100 K (în lucrarea [21] se menționează creșteri ale temperaturii aerului în PATT de la 300 K la 390—400 K).

Tabelul 2

Termocentrala	Sursa bibl.	t_g^1 [K]	t_g^2 [K]	t_a^1 [K]	t_a^2 [K]	t_{med} [K]	t_p^1 [K]	t_p^2 [K]	w_g [m/s]	w_a [m/s]	Q [kW]	G [W/K]	q_a [W/cm²]	q_r [W/m²]	k_c [W/m²K]	k_r [W/m²K]	α_g [W/m²K]	α_a [W/m²K]	φ_a	ξ	ΔP_g [P_a]	ΔP_a [P_a]	Δq^2 [%]
Zakamskaia (cazanul 6)	20	463	443				390—430	330—340											0,5—0,7				
Zakamskaia (cazanele nr. 2 și 4)	20	463	443				390—470	350—450	5—7							13,5—17			0,95	0,91			
Pribaltiskaia	21	445 455	425 435	275 305	300 330			370—390	6—8,6	—									0,96	0,8—0,975	80—135		
Zaporojstali	22	475	445	300	375 400	125	—	—	—	—	2000	4,3	145	—	13—13,5		—	—	—	—	550	300	1,4—1,6
CET Oradea (PATT, după PAR) echicurent	5	467	444	288	299	162	417	407	6	8,3	145	5	180	4800	11*)	12,5—13	75,3	95	—	0,94	50	140	1,85
CET Oradea (PATT după EF) contra curent	5	411	399	292	317	100	388	358	6,8	3,3	80	—	100	2600	8,65*	15,1	78	52	—	0,94	70	20	0,92
CET Oradea (PATT după EF) echicurent	5	413	393	291	313	99	382	373	5	3,8	70	—	87	2275	8*	12,8	65	57	—	0,94	40	25	1,55
—	23	473	415	303	390 400	—	425—435	360—365								11,8							

*) La proiectare k s-a calculat presupunînd că nivelul de vidare a tubului termic care se va atinge va permite obținerea unui coeficient $\xi = 0,7$, experimentările demonstrînd reușita „umplerii" tuburilor termice : $\xi > 0,9$

Temperatura minimă a peretelui tuburilor termice nu a coborît sub 333 K la Porcheville B, 370 K la Pribaltiskaia și 358 K conform [23].

Deteriorarea tuburilor termice cu grosimea de 2,5 mm în zona cu viteză maximă de coroziune de 0,57 mm/an are loc după 3,5 ani, iar pentru rîndurile 18—24 din exemplul prezentat în [23], la o viteză de coroziune de 0,4 mm/an, are loc după 4,9 ani. Prin evaporarea lichidului din tuburile termice deteriorate, acestea ies din funcțiune, iar temperatura gazelor de ardere la evacuare crește de la 413 la 419 K. În acest fel curba 1 din figura 4 se mută în poziția 2.

La funcționarea PATT în echicurent (fig. 4, curba 3) valorile temperaturii peretelui sînt mai ridicate decît la schema în contracurent, reușindu-se să se evite zona cu viteza maximă de coroziune. Totuși, în acest caz, cea mai mare parte a suprafeței PATT se află în zona cu o viteză de coroziune destul de ridicată.

În figura 6 se prezintă modul în care scade eficiența PATT în timp datorită coroziunii acide a unor tuburi termice, pentru combustibili solizi sau lichizi și diferite valori ale temperaturii aerului la intrarea în PATT și ale coeficientului de exces de aer în focar.

Este importantă, de asemenea, schema circulației fluidelor. Spre exemplu, pentru un cărbune de Kiseliovsk, schema în echicurent oferă valori absolute ale t_p mai mari decît schema în contracurent, evitîndu-se mai ușor zona de coroziune maximă și diminuîndu-se murdărirea cu cenușă. Conform [23] dacă este necesară o valoare mai mare a temperaturii aerului la ieșire din PATT este preferabilă schema în contracurent, iar în cazul în care se dispune de aer cu temperatura la intrare de circa 343—348 K trebuie aleasă schema în echicurent.

În timpul funcționării, tuburile termice s-au menținut curate [20], considerîndu-se coeficientul de murdărire $\varepsilon \approx 0$, sau cu o ușoară murdărire [22]: $\varepsilon = 0{,}34\ m^2 \cdot h \cdot K/J$. Curățirea depunerilor se face cu bile, cel mai ușor curățîndu-se PATT orizontal [20].

Coeficientul de schimb de căldură a avut, pentru exemplele menționate, valori cuprinse între 13 și 17 W/m^2K.

Căderea de presiune în PATT depinde de mărimea acestuia și a avut valori cuprinse între 100 Pa conform [19] și 550 Pa [28].

Viteza gazelor de ardere prin PATT a fost cuprinsă între 5 și 8,5 m/s la arderea cărbunelui, în timp ce la arderea păcurii ea poate fi de 9—11 m/s. În tabelul 2 sînt prezentate performanțele unor preîncălzitoare de aer cu tuburi termice.

În tabel s-au făcut următoarele notații:

— t_g^1, t_g^2, t_a^1, t_a^2 — temperatura gazelor de ardere și aerului la intrare (1) și ieșire (2) din PATT;

— t_p^1, t_p^2 — temperatura peretelui tubului termic la intrarea (1) și ieșirea (2) gazelor de ardere din PATT;

— D_g și D_a — debitul de gaze de ardere și aer;

— w_g și w_a — viteza gazelor de ardere și aerului;

— Q — debitul de căldură al PATT;

— q_a și q_r — fluxul termic axial și radial al tubului;

— k_c, k_r — coeficientul global de schimb de căldură (valoare de calcul și reală);

— α_g și α_a — coeficientul de schimb de căldură prin convecție gaz-perete și perete—aer;

φ_a — coeficient ce caracterizează calitatea vidului în tuburi;

ξ — coeficient de utilizare a PATT;

Δp_g și Δp_a — căderea de presiune în PATT pe partea de gaze de ardere și pe cea de aer;

Δq_2 — reducerea pierderilor de căldură cu gazele de ardere evacuate (creșterea randamentului).

Concluzii

Preîncălzitorul de aer cu tuburi termice dovedește eficiență și fiabilitate la funcționarea ca primă treaptă de preîncălzire a aerului înaintea preîncălzitorului de aer de bază pentru protecția acestuia contra coroziunii acide la cazanele de abur care ard combustibili cu conținut ridicat de sulf.

Localizarea coroziunii conduce la scoaterea din funcțiune a unui număr limitat de tuburi termice, fără a se afecta etanșeitatea, ci, numai într-o oarecare măsură, eficiența.

Construcția acestui tip de preîncălzitor este simplă și nu ridică probleme deosebite, tehnologia de fabricație a tuburilor termice fiind pusă la punct.

Alegerea celei mai indicate soluții de construcție PATT se face pentru fiecare caz concret în parte în funcție de spațiul disponibil, calitatea combustibilului și valoarea punctului de rouă acidă.

Utilizînd PATT, temperatura gazelor de ardere la evacuare poate fi redusă cu 20—60 K, obținîndu-se o creștere cu 1—3 % a randamentului cazanelor de abur.

Bibliografie

[1] Roșu, A. *Recuperarea căldurii din gazele de ardere evacuate din cazanele de abur. Preîncălzitoare de aer. Coroziunea suprafețelor finale de schimb de căldură. Partea I.* În: Energetica, 31, nr. 10, oct. 1983, p. 461—468.

[2] Roşu, A. *Recuperarea căldurii din gazele de ardere evacuate din cazanele de abur. Preîncălzitoare de abur. Coroziunea suprafeţelor finale de schimb de căldură. Partea a II-a.* În : Energetica, 32, nr. 6, iunie 1984, p. 274—279.

[3] Roşu, A. *Recuperarea căldurii reziduale a gazelor de ardere evacuate din cazanele de abur.* În : Energetica, 33, nr. 3, 1985, p. 123—132.

[4] Romaşcu, G., Roşu, A. *Preîncălzitoare de aer cu ţevi de sticlă.* În : Energetica, 33, nr. 1, 1985, p. 25—32.

[5] x x x *Cercetări privind reducerea temperaturii gazelor de ardere la evacuare prin introducerea unor schimbătoare de căldură suplimentare la cazanele de abur.* Lucrare ICEMENERG.

[6] Bilegan, I. C. *Tuburi termice din aluminiu pentru schimbătoare de căldură.* În : Energetica, 28, 1980, nr. 3, p. 112—116.

[7] Bilegan, I. C. *Tubul termic.* Editura tehnică, Bucureşti, 1982.

[8] Feldmann, K. T. şi Whiting, G. H. *The Heat Pipe.* În : Mechanical Engineering, 89, nr. 2, 1967.

[9] Eliseev, V. B., Sergheev, D. I. *Şto takoe teplovaia truba.* Ed. Energhiia, Moskva, 1971.

[10] Leca, A. *Tubul cu capacitate mare de transfer al căldurii.* În : Energetica, 19, 1971, nr. 8, p. 409—413.

[11] Spilrain, E. E. *Teplovie trubî.* Ed. Mir. Moskva, 1972.

[12] Chi, S. W. *Heat Pipe Theory and Practice,* Ed. Hemisph. Publishing Corp. şi Mac Graw Hill Cy 1976.

[13] Martinet, J. *Les caloducs et leurs applications.* În Rev. Gen de Therm., nr. 192, dec. 1977, p. 865—880.

[14] Dunn, P., Reay, D. A *Heat Pipes.* Ed. Pergamon Press, 1978.

[15] Fetcu, D., Bilegan, I. C. *Les echangeurs a caloducs dans les systems de recuperation de chaleur.* În : Chaud Froid. Plomberie, nr. 339, 1979.

[16] Semeris, S. *Les caloducs conceptions et utilisation* I. F. C. E., Institute Journées internationale sur le changeurs de chaleur.

[17] Kuzneţov, N. V. *Rabocie professî i voprosî usoverşenstvovaniea konvektivnîh poverhnostei kotelinîh agregatov.* Ed. Gosenergoizdat, Moskva, 1958.

[18] Kroli, L. B. Rozenganz, I. N. *Konvektivnie elementi moşcinîh kotelinîk agregatov.* Ed. Energhiia, Moskva, 1976.

[19] Kuzneţov, N. V., Gavrilov, A. F. *Vozduhopodogrevateli s promejutocinîm teplonositelem.* În : Teploenerghetika, nr. 10, 1964, p. 30—34.

[20] Gavrilov, A. F., Liak, V. *Vozduhopodogrevateli s promejutocinîm teplonositelem.* În : Teploenerghetika, nr. 4, 1965, p. 14—17.

[21] Gavrilov, A. F. ş.a. *Kombinirovannîi vozduhopodogrevateli na pilestanţevom kotle.* În : Teploenerghetika, nr. 1, 1974, p. 25—28.

[22] Roditelev, A. A., Bocerov, I.U. *Opîtî expluatafii vozduhopodogrevatelei s promejutocinîm teplonositelem na kotle firmî Riley Stoker.* În : Promîşlennaia Energhetika, nr. 10, 1974, p. 15—16.

[23] Gavrilov, A. F. *O vozmojnostiah vozduhopodogrevatelei s promejutocinîm teplonositelem pri sjiganii sernistîh topliv.* În : Elektriceskie stanţii, nr. 8, 1980, p. 28—31.

[24] Svoboda, J. *Centrale de Porcheville „B" — Le groupe generateur de vapeur le plus puissant d'Europe.* In : La Technique Moderne, nr. 3, 1968, p. 135—140.

[25] Lebrat, G., Peyraud, B. *Comportament termique de gros materieles a la centrale E. D. F. de Porcheville B.* În : Rev. Gen. Therm., nr. 131, nov. 1972, p. 1091—1115.

[26] x x x — *Rascet vozduhopodogrevatelia s promejutocinîm teplonositelem.* În : Teplovoi rascet kotelinîh agregatov. Normativnîi metod. Ed. Energhiia, Moskva, 1973.

[27] Neaga, C. *Cîmpurile de temperaturi în preîncălzitorul de aer cu agent termic intermediar.* În : Energetica, nr. 12, 1976, p. 441—446.

[28] Petrosian, R. A. *Vliianie temperaturî stenki hvostovîh poverhnostei kotelinîh agregatov na skorosti korrozii v srede dîmovîh gazov.* In : Teploenerghetika, nr. 12, 1957, p. 16—20.

[29] Kliaciko, B. I. ş. a. *Korroziia mizkotemperaturnîh poverhnostei nagreva parovîh pri sjiganii visokosernistogo mazuta.* În : Teploenerghetika, 1963, p. 33—38.

[30] Gavrilov, A. F. *Rascet vozduhopodogrevatelia s promejutocinîm teplonositelem.* În : Teploenerghetika, nr. 8, 1966, p. 92—93.

[31] Gavrilov, A. F. *Ob optimalinîh parametrah v vozduhopodogrevatele s promejutocinîm teplonositelem.* În : Teploenerghetika, nr. 9, 1965, p. 83—86.

(Primit la 23 februarie 1984, acceptat la 31 ianuarie 1985)

Probleme actuale de chimie a materialelor de construcție la centralele hidroelectrice

Dr. chim. Sabin Budu, chim. Ana Apostoiu, tehn. Zaharia Drinovan *

Descriptori: centrale hidroelectrice, materiale de construcție

Present Chemistry Problems at the Hydroelectric Power Plants Building Materials

(Condensed from the paper in Romanian)

Taking into account the large volume of concrete constructions carried out in our country, the knowledge of problems connected to the building materials' chemistry is of great importance in order to take some measures which are to lead to their operation reliability and life duration increase.

To this purpose, a number of institutes and research laboratories are concerned with the improvement of present building materials performances, the achievement of new superior characteristics materials' types as well as the use of materials by recycling and recovery.

The paper presents some actual chemistry problems for building materials for the hydropower plants of our country connected to the improvement of the ordinary concrete performances for specific uses (e.g. the use of cement with high initial and final resistance, expensive cements for the decrease and elimination of contractions), the creation of new concrete types (e.g. with disperse steel fibre, glass, polyamidic resins reinforcement), concrete with polymeres additivated cement (e.g. vynil polyacetates, vynilchloride, vynilpolypropionate, acrylates, latexes), concrete with polymeres without cement (e.g. furanic phenolformic aldehyde, epoxy, polyesteric, polyamidic resins, etc.), concretes impregranted and polymerized with monomeres, with reduced viscosity (e.g. methyl metacrylate and benzoyl peroxide catalysts), etc.

Connected to the constructions' hydroinsulation, some technologies and materials' types are mentioned which are used at present as well as some future concerns. Thus:

— hydroinsulations for concrete which imply: the tightening of expansion joints at concrete constructions meant to retain water for dams, moles, revetmens, with tightening lute (based on bituminous mastic, dibutyl phtalate, plastified bituminous lute, polysulphidic polymeres lute, etc.); the repairment of distressed concrete with epoxy resins of the DGEBA type — emolled with 18—20% butylglycidylether as reactive diluter or with acrylic resins of the type Romacril ER (watery dispersions) — for closing the distresses in moist medium: protection of hydrotechnical concretes against water corrosion (e.g. with epoxy paints, epoxy-tar, polysulfidic paints) or against erosion and cavity (e.g. with glass fibre and epoxy polymeres fibre reinforced fabric structures).

— hydroinsulations for metallic equipment (valves, grates, cofferdams, shieldings, once-through pipes) with protection systems based on zinc-epoxy tar, vynil system, chlor rubber system or metallized (ex. oxyacetilenically applied aluminum).

There are also presented some shielding works carried out with classical or original pattented methods, at hydroenergy buildings of our country.

1. Betoane

Problemele actuale privind chimia materialelor de construcție capătă un interes crescînd, atît datorită folosirii pe scară largă a betonului ca material de construcție, cît și din cauza necesității de a reduce pierderile considerabile cauzate de distrugerea chimică sau fizică a structurilor de beton și necesitatea de a asigura acestuia o durabilitate și funcționalitate corespunzătoare în exploatare.

Îmbunătățirea performanțelor actualelor materiale de construcție și crearea de noi materiale cu caracteristici superioare reprezintă una dintre căile cele mai efciente pentru asigurarea progresului tehnic în acest domeniu și certitudinea realizării unui volum de construcții din ce în ce mai mare.

Posibilitatea tehnică și economică a aplicării măsurilor de protecție a betoanelor (de exemplu împotriva apelor freatice sau de suprafață corosive) depinde de un număr mare de factori, dintre care cel mai important și care are succesul cel mai mare este utilizarea unui ciment bun, rezistent la condițiile create de mediul respectiv corosiv, pentru realizarea unui beton dens.

Dintre măsurile de protecție a betoanelor hidrotehnice cele mai importante sînt considerate următoarele:

— compoziția și turnarea convenabilă a betonului, utilizarea unui ciment rezistent la acțiunea corosivă respectivă (exemplu agresivitatea de dezalcalinizare, acidă, sulfatică, bazică etc.), un dozaj mai bogat, comportarea bună a betonului etc.;

— tratamentul superficial al betonului, carbonatarea, torcretarea, flotarea, ocratarea etc.;

— aplicarea unor acoperiri rezistente la coroziune;

— măsuri pentru drenarea sau neutralizarea apei agresive prin metode chimice sau biologice.

Menținerea competitivității betonului ca principal material de construcție a condus la două căi de dezvoltare:

* Dr. chim. Sabin Budu, chim. Ana Apostoiu, tehn. Zaharia Drinovan lucrează la I.S.P.H.

a) îmbunătățirea performanțelor betonului obișnuit pentru domenii specifice de folosire (de exemplu realizarea de cimenturi cu rezistențe inițiale și finale mari, cimenturi expansive pentru reducerea sau eliminarea efectului contracției sau pentru realizarea de betoane cu autoprecomprimare, cimenturi cu adaosuri active cu proprietăți superioare pentru reducerea consumului de energie și a prețului de revenire, folosirea unor superplastifianți pentru îmbunătățirea lucrabilității betonului proaspăt cu raport A/C redus, folosirea de malaxări mecanice asociate cu utilizarea ultrasunetelor și vibratoarelor electronice care funcționează la frecvența de rezonanță a betonului proaspăt etc.);

b) cea de a doua cale o reprezintă crearea de noi tipuri de betoane, de exemplu betoane cu armare dispersă (armare cu fibră de oțel de sticlă, pe bază de rășini poliamidice etc.) sau betoane cu polimeri;

— cu adaos de polimeri în ciment de tipul poliacetați de vinil, clorură de vinil, polipropionat de vinil, acrilați, latexuri, epoxizi etc.; la construcții hidrotehnice au fost utilizate la repararea unor elemente de beton, precum și ca materiale pentru izolări hidrofuge;

— betoane cu polimeri fără ciment, de tipul rășinilor furanice, fenolformaldehidice, rășini epoxidice, poliesterice etc. (principalul polimer utilizat la noi în țară la construcții hidrotehnice, este cel pe bază de rășini epoxidice, deși prețul acestui polimer este printre cele mai ridicate. Acesta se caracterizează prin proprietăți excepționale de aderență, contracție mică, stabilitate dimensională, inerție chimică și caracteristici mecanice ridicate);

— betoanele impregnate și polimerizate ce rezultă dintr-un beton obișnuit prin impregnare cu un monomer cu viscozitate redusă (de exemplu metacrilat de metil și catalizator peroxidul de benzoil) și polimerizat „in situ".

Structura unui beton joacă un rol însemnat, în definirea proprietăților lui, fapt pentru care se impun testări pentru determinarea volumului de pori și goluri ce influențează sensibil aceste proprietăți, întrucît de structura și volumul lor depind cantitățile de polimer impregnat și deci toate caracteristicile acestor materiale noi. Astfel, în betonul întărit obișnuit pot apărea pori capilari cu dimensiuni de 0,1—50 μ (rezultați prin evaporarea surplusului de apă din amestecare), pori de aer de 0,1—5 mm (rezultați prin antrenarea aerului în beton în procesul de amestecare), pori de gel de 1—100 mm, microfisuri și fisuri (care iau naștere ca urmare a modificărilor de volum ale betonului în urma variațiilor de temperatură și umiditate sau în urma acțiunilor mecanice) și caverne de 1—50 cm.

2. Hidroizolații

Hidroizolarea construcțiilor din beton sau echipamentelor hidromecanice se impune la construcțiile hidrotehnice atunci cînd mediul exte-

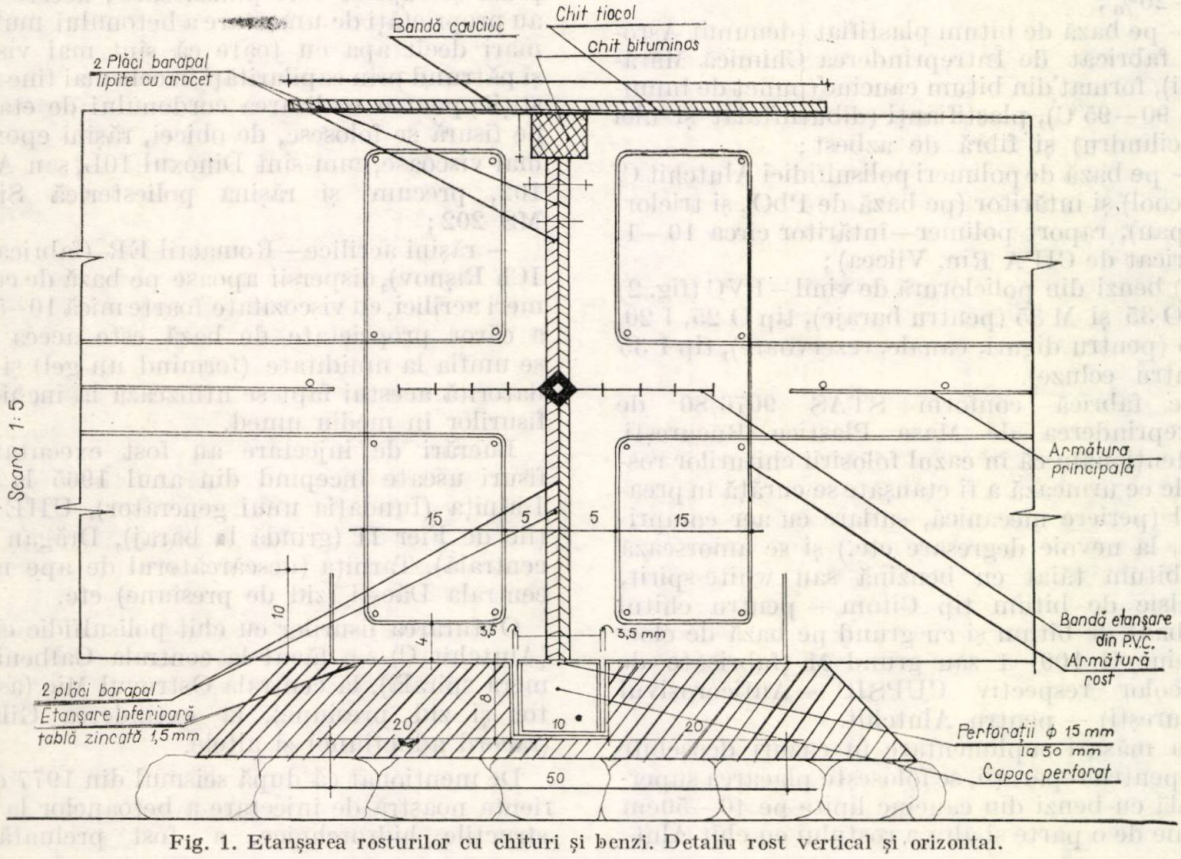


Fig. 1. Etanșarea rosturilor cu chituri și benzi. Detaliu rost vertical și orizontal.

rior (ape subterane sau de suprafață, poluarea atmosferică în zone industriale etc.) prezintă pericol de agresivitate, coroziune, eroziune sau cavitație (la echipamentele mecanice ale hidrocentralelor cînd viteza apei este mai mare de 15 m/s).

Din practica ISPH privind proiectarea și execuția centralelor hidrotehnice în țara noastră rezultă o serie de măsuri care se iau pentru protecția betoanelor sau echipamentelor mecanice, măsuri ce se impun pentru asigurarea unei durabilități cît mai mari în exploatare.

Fără a avea pretenția că metodele ce le vom menționa epuizează integral complexitatea procedeelor de hidroizolație la construcțiile hidrotehnice, ne vom permite să enunțăm în special unele lucrări deja executate și care sînt în exploatare, evidențiind în acest fel unele preocupări actuale ale proiectanților și constructorilor de hidrocentrale.

2.1. Hidroizolații la betoane

2.1.1. Etanșarea rosturilor de dilatație la construcțiile de beton destinat reținerii apei (baraje, diguri, peree etc.) se poate realiza folosind chituri și benzi (fig. 1).

Cele mai folosite materiale pentru etanșarea rosturilor de dilatație sînt următoarele:

a) chituri de etanșare:

— pe bază de bitum (bitum H 45—55, D 50—80 cu punct de înmuiere în jur de 50°C)... 50—60%, filer de azbest, calcar, marșalit sau bentonită...20—35%, fibră de azbest sau sticlă 10—20%;

— pe bază de bitum plastifiat (denumit Asrobit, fabricat de Întreprinderea Chimică Mărășești), format din bitum cauciuc (punct de înmuiere 90—95°C), plastifianți (dibutilftalat și ulei de cilindru) și fibră de azbest;

— pe bază de polimeri polisulfidici Alutchit C, (tiocool) și întăritor (pe bază de PbO_2 și triclorpropan), raport polimer—întăritor circa 10—1, fabricat de CIPA Rm. Vîlcea);

b) benzi din policlorură de vinil—PVC (fig. 2) tip O 35 și M 35 (pentru baraje), tip O 25, I 20, I 15 (pentru diguri, canale, rezervoare), tip I 35 (pentru ecluze).

Se fabrică conform STAS 9076/80 de Întreprinderea de Mase Plastice București.

Menționăm că în cazul folosirii chiturilor rosturile ce urmează a fi etanșate se curăță în prealabil (periere mecanică, suflare cu aer comprimat, la nevoie degresare etc.) și se amorsează cu bitum tăiat cu benzină sau white-spirit, emulsie de bitum tip Citom — pentru chitul pe bază de bitum și cu grund pe bază de clorcauciuc G 109—1 sau grund M (fabricate de Policolor respectiv CUPSIC — Anticorosivul București) — pentru Alutchit.

Ca măsuri suplimentare în cazuri deosebite sau pentru reparații, se folosește placarea superficială cu benzi din cauciuc lipite pe 40—50cm lățime de o parte și alta a rostului cu chit Alutchit polisulfidic. Atît banda din cauciuc, cît și betonul se perie în prealabil cu peria de sîrmă și se amorsează banda cu prenadez R, iar betonul cu grund clorcauciuc G 109—1.

Dintre lucrările realizate menționăm etanșarea rosturilor la barajele Leșu, Oașa, Cerna, Bolboci, Pecineagu, amenajarea Rîului Olt, Siret, Dunăre, Bistrița etc.

2.1.2. Repararea betoanelor fisurate

Fisurile în betoane apar din diferite cauze, dintre care cele mai importante sînt: deformațiile ce au loc în cazul compresiunii (fisuri paralele cu direcția de comprimare) și al tracțiunii (fisuri perpendiculare pe direcția de tracțiune), contracția hidraulică a betonului, contracția termică, efectul de umflare, mișcările sau tasările lente ale fundațiilor, seismele etc.

Rășinile sintetice sînt utilizate la injectări în fisuri, fie pentru a reconstitui monolitomul structurilor fisurate cînd fisurile nu mai progresează, fie pentru a le obtura și a suprima orice infiltrație în cazul fisurilor active.

Pentru lucrările de injectare a fisurilor din beton la construcțiile din țara noastră se folosesc cu rezultate bune mai ales următoarele două tipuri de rășini:

— rășini epoxidice tip Dinox C (fabricat de Uzina Policolor București din Dinox 10 L diluat cu 18—20% diluant reactiv fenilglicidileter sau butilglicidileter), cu viscozitate, timp de priză și suplețe corespunzătoare; aceste rășini au proprietăți de umectare a betonului mult mai mari decît apa cu toate că sînt mai vîscoase și pătrund prin capilarități în cele mai fine interstiții; pentru realizarea cordonului de etanșare pe fisură se folosesc, de obicei, rășini epoxidice mai vîscoase, cum sînt Dinoxul 10L, sau Alorex 102, precum și rășina poliesterică Silurex MS 202;

— rășini acrilice—Romacril ER (fabricate de ICh Rîșnov), dispersii apoase pe bază de copolimeri acrilici, cu viscozitate foarte mică 10—50 cP, a căror proprietate de bază este aceea de a se umfla la umiditate (formînd un gel) și care datorită acestui fapt se utilizează la închiderea fisurilor în mediu umed.

Lucrări de injectare au fost executate în fisuri uscate începînd din anul 1965 la CET Ișalnița (fundația unui generator), UHE Porțile de Fier II (grindă la baraj), Drăgan (pilă centrală), Tarnița (descărcătorul de ape mari), centrala Dăești (zid de presiune) etc.

Obturarea fisurilor cu chit polisulfidic elastic (Alutchit C) s-a făcut la centrala Galbeni (camera spirală), la centrala Ostrovul Mic (aspirator și zid presiune), la extinderea Gilău I (racord aducțiune) și altele.

De menționat că după seismul din 1977 experiența noastră de injectare a betoanelor la construcțiile hidrotehnice, a fost preluată de

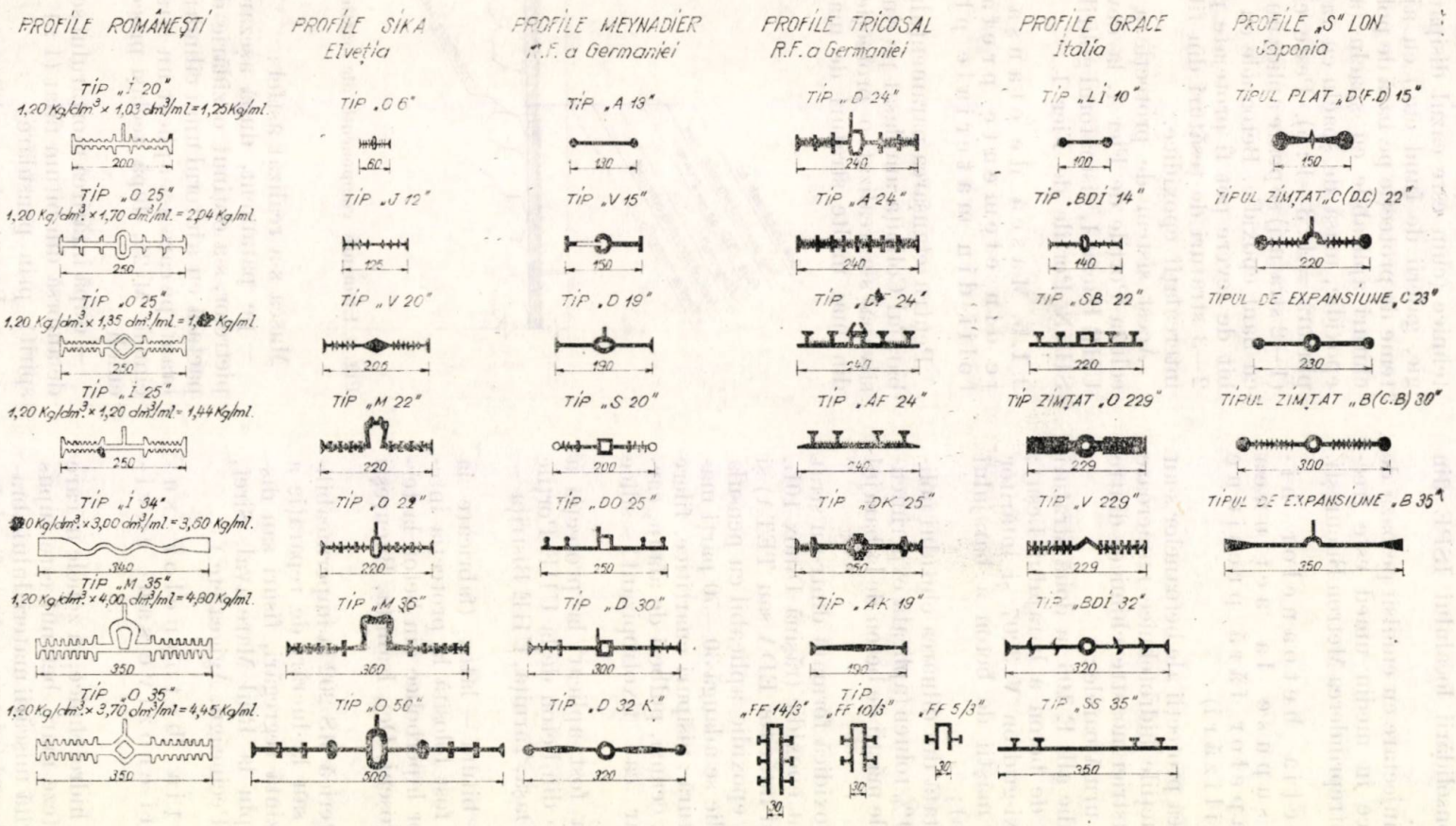


Fig. 2. Tipuri de profile pentru etanșarea rosturilor la construcții hidroenergetice.

INCERC pentru reparațiile fisurilor la construcțiile industriale și blocuri de locuit avariate. De asemenea, în această perioadă o echipă ISPH a executat lucrări de injectare la unele blocuri de locuit din Calea Victoriei și a dat asistență tehnică necesară consolidării localului ISPE din B-dul Lacul Tei.

Tehnologia de injectare cu emulsii pe bază de rășini acrilamidice în mediu umed este frecvent folosită de Intreprinderea Metrou București.

2.1.3. Protecția betoanelor hidrotehnice supuse la acțiunea corosivă a apelor fără presiune (impermeabilizări)

Pentru asemenea protecții ale betoanelor s-au folosit la construcțiile hidrotehnice numeroase produse ale industriei noastre chimice, dintre care menționăm următoarele:

a) email epoxidic alb E 106 în două straturi (protecția măștii de beton a barajului Leșu);

b) vopsea epoxi-gudron V 3207 și întăritor I 357 (protecția măștii de beton a barajului Fîntînele și Oașa);

c) vopsea rezultată din diluarea chitului polisulfidic cu 15—20% toluen (aplicată experimental la unele dale ale măștii de beton de la barajul Oașa);

d) protecție epoxidică formată dintr-un strat de amorsă cu liant epoxidic (rășină Dinox 10L, plastifiant USE și întăritor EDA sau TETA) și 1—2 straturi chit epoxidic aplicabil cu pensula (în liantul epoxidic se adaugă 30—50 părți materiale de umplutură: nisipuri cuarțitice, filere de calcar, ciment, cenuși, pulberi de alaun, carborund etc., iar ca tixotropizant — silice coloidală 1—2%).

Acest sistem a fost aplicat la protecția a numeroase uvraje din beton de la UHE Porțile de Fier I, Sebeș, Oașa, Tarnița, UHE Bistrița — aval etc.;

e) emulsie de bitum — latex (fabricate la ICh Mărășești) a fost folosită la protecția interioară a turnurilor hiperbolice din beton la termocentralele Paroșeni, Dej, Ișalnița, București Sud, Brazi etc.;

f) rășină poliesterică MS 202 la impermeabilizarea betoanelor sau la lucrări de reparație a betoanelor ce prezintă segregări, fisuri sau distrugeri (de exemplu la Rîul Mare aval, Siret, Drăgan, R.F. II, Pecineagu, Agigea etc.).

2.1.4. Protecția betoanelor supuse acțiunii erozive sau cavitației

În construcțiile hidrotehnice, în zonele în care apa circulă cu viteze mari, betonul este supus eroziunii, fie datorită mișcării materialului abraziv, transportul de apă (pietriș, nisip), fie datorită fenomenului de cavitație.

O protecție judicioasă a pantelor sau curburilor suprafețelor uvrajelor, cît și folosirea unui beton de marcă ridicată și rezistent la uzură, pus în operă corect și îngrijit este cel mai potrivit mod de prevenire a eroziunii betonului. În practică însă se obișnuiește a preveni acțiunea distructivă a apei asupra construcțiilor hidrotehnice (cum este cazul disipatoarelor de energie, galerii de fund etc.) cu ajutorul unor sisteme de protecție pe bază de polimeri epoxidici, chituri aplicabile cu șpaclu (amorsă cu liant epoxidic, masă de șpaclu cu raportul liant/umplutură = 1 : 3—1 : 5). Peste chitul de rășină (1—2 straturi) se poate aplica un strat de glazură cu liant epoxidic. Betoanele cu solicitări deosebit de severe pot fi protejate prin aplicarea a 2—3 straturi de țesături din fibre de sticlă cu intercalații epoxidice.

Acest sistem de protecție a fost aplicat la ecluza Porțile de Fier I, la deversorul 3 de la UHE Bacău I, disipatorul golirilor de fund de la SHEN Porțile de Fier I.

2.1.5. Mască de etanșare la baraje din elemente prefabricate și folii din materiale plastice

Pentru etanșarea paramentului amonte de la barajul Colibița amplasat pe rîul Bistrița Transilvană s-a realizat o protecție tip sandwich, din mai multe straturi de materiale (fig. 3).

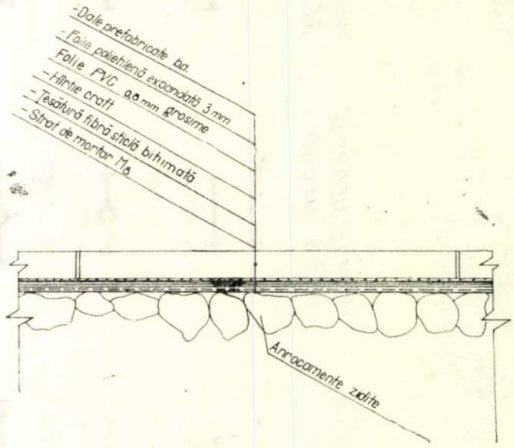


Fig. 3. Elemente componente ale măștii barajului Colibița.

Masca s-a realizat astfel:

— pe parament, după așezarea cu mîna a pietrelor, s-a obținut o zidărie de piatră (compactată cu ajutorul unui cilindru compresor vibrant) pe care s-a aplicat un strat de mortar de ciment M 25, după același procedeu ca la tencuieli;

— după întărirea mortarului se aplică un strat de amorsă din bitum tăiat (1 : 1 bitum—white-spirit), prin pensulare;

— se lipește apoi, cu bitum cald, un strat din țesătură de sticlă bitumată armată cu relon;

— se aplică în continuare un strat de hîrtie cașerată cu polietilenă (tip Kraft) lipită cu bitum

cald, în scopul de a feri stratul următor (folie din PVC) de contact cu bitumul;

— urmează aplicarea foliei de protecţie tip PVC de 0,8 mm (prelate) pe faţa cu polietilenă a hîrtiei Kraft prin lipire, respectiv punctări cu prenadez R 1500 pe circa 50% din suprafaţă. Prelatele din PVC se realizează şi se îmbină prin lipire cu adeziv (PVC în ciclohexanonă), cu ajutorul aparatului Trocal jet;

— urmează o folie de polietilenă expandată de 3—5 mm grosime, pentru protecţia foliei PVC;

— se aşează prefabricatele din beton şi se toarnă beton monolit între ele şi pe conturul vetrei ce va face legătura între dalele prefabricate şi vatră.

Barajul Colibiţa pus sub sarcină în anul 1982 funcţionează normal, masca din folii realizînd o etanşare foarte bună.

Ca urmare a rezultatelor bune obţinute cu acest sistem de etanşare, realizat pentru prima dată în ţară la baraje, urmează să se extindă folosirea foliilor la etanşarea batardourilor pentru devierea apelor la lucrări hidrotehnice, etanşări de bazine, rezervoare, poldere pentru acumulări zilnice de apă, diguri etc.

2.1.6. Materiale polimerice reciclate pentru protecţia betoanelor

Ca urmare a cercetărilor efectuate de ISPH în colaborare cu ICECHIM şi IC Bucureşti asupra unor materiale polimerice reciclate au fost selectate pentru experimentare la scară industrială următoarele materiale:

— folie de etanşare din polietilenă fotodegradată PEFD — realizată în staţia pilot la ICECHIM;

—folie de protecţie din ştraifuri de la IMP Turda;

— vopsele: hidrozol şi clorcauciuc recuperat, realizat în staţia pilot la ICECHIM şi Constanţa.

Folia PEFD este prevăzută a se aplica la unele etanşări subterane de la UHE Colibiţa, iar vopselele au fost aplicate la protecţia turnurilor de răcire hiperbolice din beton de la CET — Palas (hidrozol în trei straturi aplicate mecanic cu o instalaţie confecţionată pe şantier) şi la CET Doiceşti (vopseaua pe bază de clorcauciuc aplicată cu pistolul în trei straturi). După circa 2 ani de funcţionare a turnurilor de răcire, protecţia hidrofugă se comportă bine.

2.2. Hidroizolaţii la echipamentele metalice de la uzinele hidroelectrice

Întrucît construcţiile metalice hidrotehnice (vane, grilaje, batardouri, blindaje, conducte forţate etc.) au o valoare importantă în volumul de investiţii pentru uzinele hidroelectrice, se acordă o atenţie deosebită problemelor legate de protecţia echipamentelor hidromecanice contra coroziunii.

Pe scară mondială, ca şi în ţara noastră, se folosesc pentru protecţia anticorosivă diferite sisteme peliculogene ce se stabilesc în funcţie de caracterul corosiv al apei şi de condiţiile concrete de funcţionare a echipamentului respectiv. Folosirea unui sistem peliculogen adecvat creşte perioada de funcţionalitate a construcţiei metalice şi intervalul necesar pentru refacerea protecţiei (ceea ce implică uneori chiar scoaterea din funcţiune a uzinei hidroelectrice pentru un anumit timp).

Dintre sistemele de protecţie anticorosivă aplicate la uzinele hidroelectrice din ţara noastră menţionăm următoarele:

— protecţia conductei forţate — UHE V. I. Lenin de la Bicaz: metalizare cu aluminiu aplicat cu pistoalele oxiacetilenice (se foloseşte sîrmă sau bare de 0,2—0,3 mm grosime); peste stratul de aluminiu depus s-a aplicat, prin pensulare în două straturi, emulsie de bitum tip Citom sau bitum cauciuc cald;

— protecţia conductei forţate de la UHE Lotru s-a făcut atît cu sistemul francez grund Anogal standard — pe bază de zinc două straturi aplicate prin pensulare, cît şi vopsea epoxigudron tip Tarpox — două straturi (produse ale firmei BITULAC). Pe anumite porţiuni s-a folosit sistemul românesc similar: grund G 834—40 pe bază de zinc două straturi şi vopsea epoxigudron V 3207 — două straturi aplicate prin pulverizare fără aer (aparat air-less);

— cu sistemul românesc grund cu zinc epoxigudron s-au mai protejat conducte forţate, goliri de fund, blindaje de aducţiune, racord acces, castel, distribuitor etc. la UHE Sebeş, Fintînele, Drăgan, Cerna—Motru—Tismana, Rîul Mare, Retezat, Scropoasa; de asemenea, acest sistem de protecţie s-a folosit cu rezultate bune la reparaţia blindajului castelului de echilibru de la Bicaz;

— cu sistemul vinilic (grund G 424—40 — un strat şi vopsea vinilică V 504—40 — trei straturi) s-au protejat unele vane şi grătare de la SHEN Porţile de Fier I şi Bicaz;

— cu sistemul clor cauciuc (grund G 424—40 — un strat şi vopsea clor cauciuc-gudron V 819—2 — două straturi) s-au protejat experimental unele echipamente la Porţile de Fier I.

Pentru a efectua protecţia anticorosivă a echipamentelor hidromecanice la uzinele hidroelectrice, suprafeţele de metal trebuie să fie uniforme, fără asperităţi, rugozităţi, denivelări şi curăţite de rugină, ţunder, calamină etc.

Aceste suprafeţe se obţin, de obicei, prin sablare cu nisip cuarţos la gradul de curăţenie conform STAS 10.166/80.

Concluzii

Din materialul prezentat rezultă unele probleme actuale de chimie cu care se confruntă sectorul construcțiilor hidrotehnice de a căror rezolvare, în condiții cît mai eficiente și economice, depinde în bună măsură creșterea perioadei de funcționare în exploatare a utilajelor respective, din beton sau metal.

Considerăm că, paralel cu introducerea continuă a progresului tehnic în domeniul materialelor clasice folosite în construcții, se impune ca prin colaborarea sectoarelor de proiectare-cercetare-execuție să se experimenteze noi tipuri de materiale realizate din materii prime nedeficitare, eventual valorificări prin reciclare și recuperare, cu caracteristici fizico-mecanice superioare, contribuind astfel la diversificarea materialelor anticorosive și la realizarea unor construcții durabile, cu un preț de cost cît mai scăzut.

Bibliografie

[1] Avram, C., Bob, C. *Noi tipuri de betoane speciale.* Editura tehnică, București, 1980.

[2] Budu, S., Ionescu, S., Apostoiu, A. și alții. *Masca de etanșare din elemente prefabricate și folii din materiale plastice pentru baraje (diguri) de mică și medie înălțime.* În : Hidrotehnica, nr. 2, 1984.

[3] Budu, S. *Repararea betoanelor fisurate prin injecție.* În : Hidrotehnica, nr. 1, 1978.

[4] Budu, S. *Studiul chimico-fizic și aplicațiile industriale ale unor rășini epoxidice.* Teza de doctorat, București, 1980.

[5] Budu, S. *Protection anticorosive des equipements metaliques dans les usines hydroeléctriques à l'aide de pellicules protectrices.* In : Rapports tehniques scientifiques, vol. V. 1979, Bucarest.

(Primit la 27 februarie 1985, acceptat la 15 aprilie 1985)

Surse și tehnologii noi

Criteriu pentru estimarea costurilor limită ale captatoarelor solare

Dr. fiz. Doina Moraru*

A Criterion for the Limit Cost of Solar Collectors

(Condensed from the paper in Romanian)

In order to estimate the economical efficiency of the solar collectors it is necessary to know the yearly energy production of the collectors in given climatic conditions. Usually, the energy production is calculated using the collector efficiency formula which can be written as follows :

$$\eta_1 = \eta_{optic} - \frac{K_r (T_m - T_a)}{C\,a\,I},$$

where :

η_{optic} — optical efficiency of the collector ;
K_r — thermal losses coefficient ;
$T_m = \frac{T_e + T_i}{2}$ — average temperature of the fluid in the collector (T_e = outlet fluid temperature, T_i = inlet fluid temperature) ;
T_a — ambient temperature ;
C — concentration ratio ;
a — direct solar radiation/global solar radiation ;
I — global solar radiation.

This efficiency expression is applicable both for the flat plate solar collectors (with $C = 1$, $a = 1$) and for the concentrating solar collectors.

In fact however the heat supplied to a consumer depends also on the consumer thermal characteristics. The heat exchange efficiency between the solar collector and the consumer can be defined as the efficiency of a heat exchanger with a parallel flow arrangement, for example [1] :

$$\eta_2 = \frac{T_e - T_i}{T_e - T_0},$$

where : T_0 = input temperature of the heated fluid. In this relation the efficiency is defined as the ratio between the actual rate of heat transfer, proportional to the difference between the inlet and outlet temperatures of the cooled fluid and the maximum possible rate of heat transfer, proportional to the difference between the inlet temperatures of both fluids.

The available heat at the end of the system solar energy → solar collector → heat exchanger → consumer is therefore characterized by an efficiency given by the relation :

$$\eta = \eta_1 \times \eta_2$$

which presents a maximum in respect to T_e determined by the condition

$$\partial\eta / \partial T_e = 0$$

The outlet temperature of the fluid in the solar collector (the inlet temperature of the cooled fluid in the heat exchanger) for the maximum efficiency has the expression :

$$T_e^M = T_0 + \sqrt{T_3^2 - T_i^2 + (T_i - T_0)\left(2T_a + \frac{2\,C\,a\,I\,\eta_{optic}}{K_r}\right)}.$$

This relation allows the optimization of the thermal regime of solar installations. The calculation of the maximum efficiency allows the comparison between different admissible costs of solar collectors for a competitive cost of the heat delivered to the consumer.

* Dr. fiz. Doina Moraru — cercetător științific principal la ICPE-București

Necesitatea de a aduce performanţele şi costurile captatoarelor solare pînă la nivelul la care costul căldurii furnizate să fie competitiv cu cel al căldurii furnizate de surse convenţionale presupune elaborarea unor criterii care să permită compararea captatoarelor solare cu sursele convenţionale de energie, precum şi compararea diferitelor tipuri de captatoare între ele.

Obiectul prezentei lucrări îl constituie stabilirea unui criteriu de comparare economică a diferitelor tipuri de captatoare solare, plane şi cu concentrare.

La o aceeaşi investiţie, costul căldurii furnizate unui consumator dat este determinat de cantitatea de energie care poate fi disponibilizată anual de un captator solar. Aceasta este determinată de doi factori:

1) Cantitatea de energie solară convertită în energie termică de către un captator dat, caracterizată printr-un randament de conversie η_1:

$$Q_1 = \Sigma_1 \eta_1 \times I, \tag{1}$$

unde I este intensitatea radiaţiei solare globale normale pe o suprafaţă orientată către soare, iar randamentul de conversie, η_1, are expresia:

$$\eta_1 = \eta_{\text{optic}} - \frac{K_r (T_m - T_a)}{C\, a\, I}, \tag{2}$$

unde: η_{optic} este randamentul optic al captatorului;

K_r — coeficientul de pierderi termice;

$T_m = \dfrac{T_e + T_i}{2}$ — temperatura medie a fluidului în captator (T_e fiind temperatura de ieşire şi T_i — temperatura de intrare a fluidului în captator);

T_a — temperatura ambiantă;

C — factorul de concentrare ($C = 1$ pentru captatoare plane);

a — raportul între radiaţia solară directă şi cea globală, care în limite destul de largi ale valorii radiaţiei globale poate fi considerat constant ($a \approx 0{,}8$).

2) Cantitatea de căldură care poate fi preluată de la captatorul solar de către un consumator printr-un schimbător de căldură care are aici semnificaţia interfeţei dintre agentul termic din captatorul solar şi consumatorul de căldură (schimbător de căldură obişnuit sau interfaţa aer cald — seminţe dintr-un uscător, de exemplu), caracterizată printr-un randament η_2 al transferului de căldură, dat de relaţia [1]:

$$\eta_2 = (T_e - T_i)/(T_e - T_0), \tag{3}$$

unde T_0 este temperatura de intrare în circuitul consumatorului (°C).

Schematic, cantitatea de căldură utilizabilă de către un consumator la capătul lanţului energie solară de intensitate $I \rightarrow$ captator solar $\rightarrow$ schimbător de căldură $\rightarrow$ consumator, este caracterizată de un randament:

$$\eta = \eta_1 \times \eta_2 = \left(\eta_{optic} - K_r \frac{T_e + T_i - 2T_a}{2\,C\,a\,I}\right)\left(\frac{T_e - T_i}{T_e - T_0}\right). \tag{4}$$

Randamentul maxim în raport cu T_e rezultă din condiţia:

$$\frac{\partial \eta}{\partial T_e} = 0,$$

care dă pentru temperatura T_e^M, corespunzătoare randamentului maxim, η_{max}, expresia:

$$T_e^M = T_0 + \sqrt{T_0^2 - T_i^2 + (T_i - T_0)\left(2T_a + \frac{2\,C\,a\,I\,\eta_{optic}}{K_r}\right)}. \tag{5}$$

Dacă se ia în considerare, pentru simplificare, o singură valoare a intensităţii radiaţiei solare (cea mai frecventă, de exemplu $I = 600$ W/m²), raportul între cantităţile de căldură livrate cu două tipuri de captatoare şi deci între randamentele η_{max} dă raportul în care trebuie să se afle costurile per m² ale celor două tipuri de captatoare, astfel încît costul căldurii livrate să fie acelaşi. Evident, pentru cantitatea de căldură livrată anual trebuie să se ţină seama de toate valorile intensităţii radiaţiei solare, ponderate cu numărul de ore de strălucire a soarelui corespunzător intensităţilor date.

Dacă se notează raportul cantităţilor de căldură, deci al costurilor limită (P), pentru două tipuri de captatoare cu „n", atunci:

$$n = \frac{\eta_{max}^I}{\eta_{max}^{II}} = \frac{P^{\text{I}}}{P^{\text{II}}}. \tag{6}$$

Exemplu de calcul

Se compară un captator plan avînd caracteristicile: $K_r = 5{,}6$ W/m².grad; $C = 1$; $a = 1$; $\eta_{optic} = 0{,}69$ cu un captator cu concentrare avînd caracteristicile: $K_r = 5{,}6$ W/m².grad; $C = 5$; $a = 0{,}8$; $\eta_{optic} = 0{,}55$, pentru $T_a = 20$°C; $T_0 = 10$°C; $T_i = 30$°C; $I = 600$ W/m². Rezultă valorile:

$$\eta_{max}^I = 0{,}28 \quad (T_e^M = 64{,}3\text{°C}),$$
$$\eta_{max}^{II} = 0{,}35 \quad (T_e^M = 97\text{°C}),$$
$$n = 1{,}23.$$

După modelul prezentat se pot optimiza, din punctul de vedere al regimului termic şi din punct de vedere economic, instalaţiile solare considerate în ansamblu (energie solară $\rightarrow$ captator solar $\rightarrow$ schimbător de căldură $\rightarrow$ consumator), în situaţii oricît de complexe, care să ţină seama de condiţiile climatice şi de caracteristicile schimbătorului de căldură.

Bibliografie

[1] Kreith, F., Kreider, F. J. *Principles of solar engineering*. Mc Graw-Hill, 1978, p. 182.

(Primit la 27 martie 1985, acceptat la 1 aprilie 1985)

Profesor doctor docent ION S. ANTONIU,

membru corespondent al Academiei R.S.R.,

la a 80-a aniversare

Născut la 27 august 1905, la Roman, profesorul Ion S. Antoniu şi-a început şi absolvit studiile liceale la Vaslui. După terminarea liceului este admis la Şcoala Politehnică din Bucureşti, absolvind Facultatea de Electromecanică în 1928. Este trimis pentru perfecţionare în Franţa la Şcoala Superioară de Electricitate din Paris, obţinînd diploma de inginer electrician în 1929.

Reîntors în ţară, este încadrat prin concurs la Ministerul Armatei şi apoi din 1930 la Societatea de Gaz şi Electricitate din Bucureşti, unde funcţionează pînă în 1947.

În 1948 a obţinut titlul de doctor inginer electrician, iar în prezent este doctor docent inginer.

Îşi începe activitatea didactică în 1941, mai întîi la Timişoara şi apoi la Bucureşti, obţinînd gradul de profesor în 1955. În 1963 este ales membru corespondent al Academiei R.S.R.

Desfăşurată într-un interval de peste o jumătate de veac, activitatea profesorului Ion S. Antoniu este diversă prin preocupări şi bogată în conţinut, îmbinînd armonios tehnica, ştiinţa şi învăţămîntul.

Dintre realizările tehnice rezultate mai ales în perioada în care a funcţionat la Societatea de Gaz şi Electricitate sînt relevante proiectarea şi executarea electrificărilor rurale din jurul capitalei şi a iluminării cu lămpi cu vapori de sodiu a şoselei Bucureşti-Ploieşti, încercarea completă a unor turbine, cazane şi motoare Diesel pentru termocentralele din Bucureşti, organizarea serviciului, laboratorului şi atelierului de măsuri, contori şi relee pentru sus-menţionata societate.

În paralel întocmeşte proiecte pentru centrale hidroelectrice (Budeşti-Ilfov) şi termoelectrice (Dioşti-Romanaţi) şi alte obiective energetice industriale.

După plecarea de la Societatea de Gaz şi Electricitate lucrează în principal la Fabrica de Maşini Electrice Dinamo (astăzi IMEB) ca şef al serviciilor de studii şi control, realizînd şi organizînd standul de probă şi laboratorul de încercări al fabricii.

Din 1950 se consacră exclusiv învăţămîntului şi cercetării ştiinţifice, funcţionînd ca profesor la Institutul Politehnic Bucureşti şi colaborator ştiinţific al Institutului de Energetică al Academiei R.S.R.

Activitatea didactică se desfăşoară la Facultatea de Energetică şi Electrotehnică, unde i se încredinţează predarea cursului de Chestiuni speciale de electrotehnică, disciplină pe care o introduce pentru prima dată în ţară, remarcabilă prin suflul modern pe care-l introduce în pregătirea fundamentală a inginerilor electricieni. Subliniem în mod special introducerea metodelor matriciale a căror utilizare s-a generalizat în toate cursurile de electrotehnică.

În partea finală a acestei activităţi a predat şi cursul de Bazele electrotehnicii la Facultatea de Energetică. Ambele discipline au fost acoperite cu manuale care constituie şi astăzi lucrări de referinţă în predarea şi învăţarea electrotehnicii.

În paralel a desfăşurat activităţi didactice şi la alte institute.

Activitatea ştiinţifică extrem de bogată cuprinde aproape 200 de lucrări publicate şi 3 invenţii brevetate. Dintre acestea se detaşează lucrările privind regimul deformant, domeniu în care a fost un demn continuator al lui Constantin Budeanu, reuşind să imagineze şi să realizeze aparatul P.Q.D-metru, destinat măsurării puterilor în acest regim, distins cu medalia de aur la expoziţia internaţională de la Nürenberg (1969). Actualitatea acestor studii şi cercetări creşte necontenit datorită introducerii pe scară tot mai largă a electronicii de putere. Deşi preocupat de cercetările proprii a acordat o atenţie deosebită realizărilor obţinute de înaintaşi, publicînd numeroase studii cu caracter istoric şi bibliografic despre electrotehnică şi electrotehnicieni.

A prezidat numeroase reuniuni ştiinţifice în ţară şi peste hotare.

Activitatea sa a fost recunoscută şi prin acordarea de numeroase distincţii şi decoraţii.

A 80-a aniversare a zilei sale de naştere îl găseşte în plină activitate creatoare, înconjurat de stima şi dragostea tuturor celor pe care i-a format şi i-a îndrumat.

(54) Titlul : **Recuperator de căldură pentru cuptoare industriale.**
(72) Inventatori : ing. Constantin Ionescu, ing. Petru Bronescu
(21) Dosar nr. : 103650
(22) Data înregistrării : 12.03.1981
(45) Data publicării : 30.11.1983
(51) Clasificarea internaţională : F 07 D 17 00/K 28 F 3/02
(11) Brevet România : 80969
(73) Titular : Intreprinderea „23 August" Bucureşti.

Invenţia se referă la un recuperator de căldură pentru cuptoare industriale, care utilizează căldura disipată prin convecţie în mediul înconjurător prin bolţi şi pereţi circulari sau plani la cuptoarele de încălzire, tratamente termice sau topire a metalelor şi folosirea acesteia la producerea aerului cald necesar încălzirii incintelor sau în scopuri tehnologice.

Sînt cunoscute recuperatoare de căldură pentru cuptoare industriale constituite din nişte bolţi şi pereţi cu orificii prin care trec gazele arse într-un spaţiu limitat de alte bolţi şi alţi pereţi. Acestea prezintă dezavantajul că necesită pereţi şi bolţi dubli, pierderile de căldură prin bolţile neizolate sînt mari şi necesită investiţii ridicate, precum şi faptul că fabricarea cărămizilor cu orificii este dificilă şi, la solicitări termice mari sau variaţii bruşte de temperatură, bolţile se distrug repede.

Sînt cunoscute şi recuperatoare de căldură pentru cuptoare industriale prevăzute cu nişte canale din cărămidă prin care trece aerul de ardere încălzit. Şi acestea prezintă dezavantajul că au randamente termice scăzute, datorită suprafeţei reduse de schimb de căldură.

Sînt cunoscute, de asemenea, şi recuperatoare de căldură pentru cuptoare industriale, constituite din nişte corpuri tubulare, legate în serie sau în paralel pe pereţii exteriori ai cuptorului, prin care circulă apă sau aer, însă şi acestea prezintă dezavantajul că nu asigură o suprafaţă de schimb de căldură suficientă şi, prin urmare, au un randament termic redus.

Recuperatorul de căldură pentru cuptoare industriale, conform invenţiei, înlătură dezavantajele de mai sus, prin aceea că, în scopul recuperării căldurii disipate prin bolţi, pereţi circulari sau plani, construiţi numai din material refractar, la cuptoarele de încălzire, tratamente termice sau topirea metalelor, se utilizează un schimbător de căldură constituit dintr-una sau mai multe camere curbe sau circulare, în funcţie de configuraţia bolţilor sau pereţilor cuptoarelor, compuse din nişte pereţi inferiori şi superiori, curbi sau circulari, şi din nişte pereţi laterali drepţi, din tablă de oţel subţire, sudaţi între ei, avînd în interior una sau mai multe şicane care separă spaţiile camerelor şi permit cuplarea lor în serie, pereţii inferiori avînd un număr mare de nervuri din tablă subţire de oţel, aşezate la distanţă mică şi cu înălţimea inferioară înălţimii camerei, grupul de camere avînd nişte spaţii de separare între ele, în cazul cuptoarelor cu tiranţi de legătură, camerele racordîndu-se în serie cu nişte ţevi şi robinete, iar intrarea şi ieşirea aerului avînd loc prin aceste ţevi şi robinete.

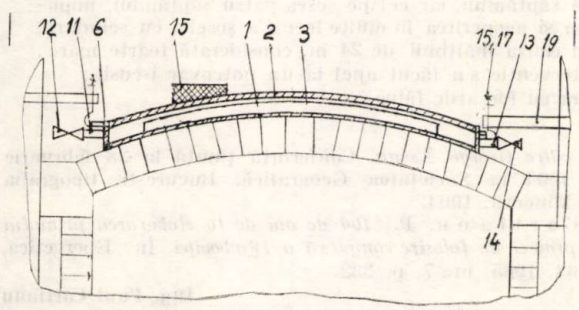


Fig. 1

Figura 1 reprezintă o secţiune transversală prin recuperatorul de căldură pentru cuptoare industriale montat pe bolta acestora, figura 2 — secţiune longitudinală prin recuperatorul de căldură pentru cuptoare industriale fără spaţii între camere, figura 3 — secţiune transversală prin recuperatorul de căldură pentru cuptoare industriale montat la un cuptor de uscare.

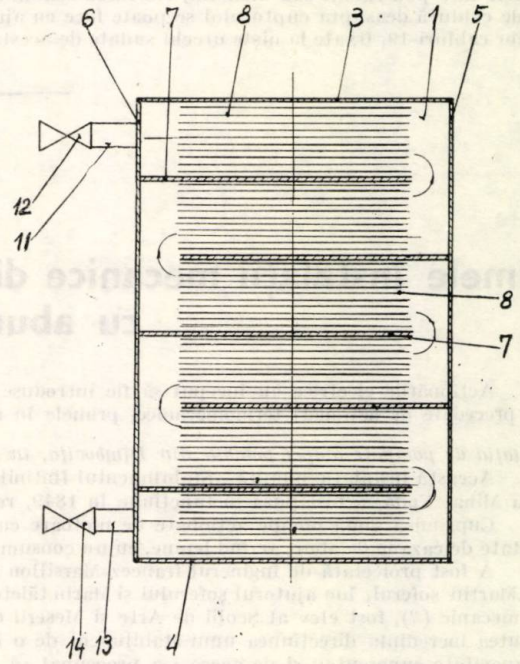


Fig. 2

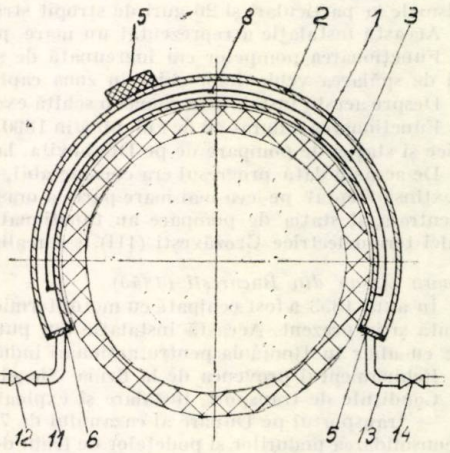


Fig. 3

Recuperatorul de căldură pentru cuptoare industriale, conform invenţiei, cuprinde un schimbător de căldură constituit din una sau mai multe camere curbe sau circulare, în funcţie de configuraţia cuptorului, compuse din pereţi inferiori 1, pereţi superiori 2 şi pereţii 3, 5, 4 şi 6 laterali, drepţi, din tablă de oţel subţire, sudaţi între ei, avînd în interior cîte o şicană 7, care separă fiecare cameră în două spaţii, permiţînd cuplarea în serie. Pereţii inferiori 1 au sudaţi un număr de nervuri 8 din tablă foarte subţire din oţel, aşezate

la distanță mică și cu înălțimea inferioară înălțimii camerei, care intensifică transferul de căldură.

Schimbătorul de căldură are niște spații de separare *a* între camere, corespunzînd poziției tiranților de legătură a cuptoarelor. Camerele se racordează în serie cu niște țevi și robinete. Intrarea aerului rece se face printr-o țeavă 11 și un robinet 12, iar ieșirea aerului cald, printr-o țeavă 13 și un robinet 14. Întregul ansamblu este acoperit cu un strat de material termoizolator 15. Suspendarea schimbătorului de căldură pe construcția metalică a cuptorului se face cu niște bride strînse cu niște piulițe 17 pe niște console.

În halele fără pod rulant sau monorai, ridicarea schimbătorului de căldură deasupra cuptorului se poate face cu ajutorul unor cabluri 19, fixate la niște urechi sudate de acesta, care se deplasează pe niște role fixate pe grinzi sudate de construcția metalică. Acționarea cablurilor 10 se realizează cu trolluri manuale.

Recuperatorul de căldură pentru cuptoare industriale, conform invenției, prezintă următoarele avantaje :

— înlătură arderea și distrugerea bolților și pereților cuptoarelor, mărind durabilitatea acestora ;

— permite recuperarea căldurii disipate în mediul ambiant, îmbunătățind randamentul termic global al cuptoarelor industriale.

Bibliografie

Brevet, Franța, nr. 2150403

Din istoria electrificării

Primele instalații mecanice din România acționate de motoare cu abur cu piston

Acționările electrice au început să fie introduse în România în deceniul anilor '80 ai secolului trecut. Ele au fost precedate de acționări termomecanice, primele în anul 1849 și 1853.

1. Stația de pompare a apei potabile din Dîmbovița, în București (1849)

Această instalație numită „Stabilimentul fîntînilor", amplasată pe malul drept al Dîmboviței, la vadul sacagiilor de la Mihai Vodă, a fost pusă în funcțiune în 1849, realizată prin stăruința domnitorului Barbu Știrbei.

Cuprindea două pompe acționate de motoare cu abur, cu piston, verticale, cu condensatoare, a cîte 14 CP, alimentate de cazane de abur, arzînd lemne, cu un consum anual de 410 stînjeni, cu prețul de 58 lei/stînjen.

A fost proiectată de inginerul francez Marsillon și exploatată la început de mecanicul Guilbert, care era ajutat de „Martin șoferul, Ion ajutorul șoferului și Marin tăietorul de lemne". Mai tîrziu exploatarea a preluat-o Pavelescu, inginer mecanic (?), fost elev al Școlii de Arte și Meserii din București, care a fost devotat funcției. El considera că „nu se putea încredința direcțiunea unui stabiliment de o importanță așa de mare decît la persoane speciale, de o probitate și capacitate cunoscute" și de aceea s-a preocupat să formeze mecanici.

Apa absorbită direct din Dîmbovița, la acea epocă necanalizată, era pompată prin conducte pe cîteva străzi ale orașului.

Prin extinderi, în 1880, rețeaua ajunsese la 10,5 km de conducte, prin care erau alimentate : 10 cișmele publice, 188 cișmele la particulari și 26 guri de stropit străzile ; în total se distribuiau cel mult 1200 m^3/zi.

Această instalație a reprezentat un mare progres față de distribuția apei din Dîmbovița cu ajutorul sacalelor.

Funcționarea pompelor era îngreunată de suspensiile din apă, datorite nămolului agitat de oamenii care se scăldau și de spălarea vehiculelor chiar în zona captării.

Despre acestă instalație a rămas o schiță executată în 1890 de inginerul Giulini.

Funcționarea a durat 40 de ani, pînă în 1890, cînd a fost dezafectată în urma punerii în funcțiune a centralei hidroelectrice și stației de pompare de pe Dîmbovița, la Grozăvești [3].

De această dată progresul era considerabil, deoarece apa era tratată, iar distribuirea se făcea printr-o rețea, care a fost extinsă treptat pe cea mai mare parte a orașului, populația dispunînd de apă de bună calitate.

Centrala și stația de pompare au funcționat circa 20 de ani, pînă în 1912 cînd, în urma punerii în funcțiune a centralei termoelectrice Grozăvești (III), s-a realizat o nouă stație de pompare.

2. Moara Assan din București (1853)

În anul 1853 a fost echipată cu motor termic cu abur moara lui George Assan din București (Colentina), industrie existentă și în prezent. Această instalație (cu putere de 260 CP în 1896) reprezintă cea dintîi folosire a unui motor termic cu abur în România pentru acționări industriale.

Echipamentul provenea de la firma Siegel din Viena și a fost adus pe Dunăre pînă la Giurgiu, iar de acolo pe șosea. Condițiile de transport, instalare și exploatare au fost deosebit de dificile :

— transportul pe Dunăre al cazanului de 7 tone a durat două săptămîni, iar cel pe șosea patru săptămîni, impunînd consolidarea podurilor și podețelor de lemn de pe traseu, precum și acoperirea în multe locuri a șoselei cu scînduri ;

— executarea coșului a fost greu autorizată de primărie din cauza înălțimii de 24 m, considerată foarte mare ;

— nu existau ateliere de reparații și de aceea la prima intervenție s-a făcut apel la un potcovar iscusit ;

— brutarii nu acceptau făina produsă, considerînd că „moara cu foc arde făina".

Bibliografie

[1] Leonida, D. *Din istoricul instalațiilor mecanice și electrotehnice ale orașului București 1915.*

[2] Assan, B. G. 1853–1903. *O jumătate de secol de la introducerea mașinei de abur în industria română de către George Assan.* Conferință ținută la 28 februarie 1904 la Societatea Geografică. București, tipografia Minerva, 1904.

[3] Cartianu, P. *100 de ani de la elaborarea primului proiect de folosire complexă a Dîmboviței.* În : Energetica, 33, 1985, nr. 7, p. 332.

Ing. Paul Cartianu

P. LAURENȚIU. **Exploatarea centralelor electrice. Probleme speciale.** Editura Tehnică, București, 1974, 328 p.

Lucrarea cu titlul de mai sus tratează o gamă largă de probleme speciale privind exploatarea centralelor electrice și creșterea siguranței și economicității în funcționarea acestor componente de bază ale sistemului energetic. Prin caracterul și structura sa cartea la care ne referim reprezintă o premieră în literatura de specialitate din țara noastră.

Desigur că despre fiabilitatea și funcționarea economică a centralelor electrice s-a scris destul de mult în țara noastră, dar o carte care să trateze în exclusivitate aceste probleme de pe poziția specialistului care lucrează în exploatarea centralelor electrice încă n-am avut.

Lucrarea a apărut într-un moment în care, așa cum se știe, problemele tehnice și de funcționare economică ale centralelor electrice, cu care se confruntă personalul de exploatare, s-au complicat pe măsura creșterii complexității grupurilor și blocurilor energetice, inclusiv trecerea masivă de pe combustibil lichid pe combustibil solid.

Selectate ca având un caracter special și deosebit, problemele abordate în lucrare vizează, în primul rînd, îmbunătățirea activității de exploatare a grupurilor și blocurilor energetice din centralele electrice, în scopul realizării performanțelor prescrise de siguranță și funcționare economică.

Pornind de la adevărul că exploatarea de durată este cea care validează soluțiile tehnice adoptate prin proiectare ca și calitatea execuției, lucrarea insistă asupra rolului pe care îl deține conducerea proceselor de către personalul de exploatare: ingineri, maiștri și conducători operativi de grupuri și blocuri energetice.

Cartea este structurată pe 12 capitole, care se succed într-o ordine ce parcurge un itinerar care începe cu elementele fundamentale ale teoriei fiabilității și se termină cu rolul factorilor de ordin psihologic în exploatarea centralelor electrice.

Astfel, primul capitol al lucrării, cu caracter introductiv, se ocupă de problemele fiabilității și ale procedeelor practice de creștere a siguranței în funcționare. Adoptînd conceptul școlii românești de fiabilitate energetică, în cadrul acestui capitol sînt prezentate următoarele probleme: definirea indicatorilor de calitate privind fiabilitatea, noțiuni de statistică și fiabilitate, elemente specifice privind fiabilitatea și, procedee practice de creștere a siguranței în funcționare(rolul și influența factorilor de proiectare, de execuție, de montaj, de exploatare și reparații).

Ca o observație, în sensul completării materialului prezentat în acest prim capitol, menționăm faptul că în afara modelului matematic (statistic — probabilistic) Weibull, în energetică se pot folosi cu succes și alte legi de repartiție pentru variabile aleatoare continue sau discrete (exponențială, normală, normală trunchiată, log. — normală, binominală, binominală trunchiată, Poisson ș. a.). Nu totdeauna legea de repartiție Weibull se dovedește a fi cea mai adecvată studiului fiabilității în energetică.

Capitolul 2 al lucrării se referă la conducerea arderii la pornirea cazanelor de abur și cuprinde următoarea arie tematică: elemente privind solicitarea termică a focarului la pornire, elemente privind transmisia de căldură în focar, posibilități de modificare a transmisiei de căldură în focar, incidența flăcării asupra supraîncălzitoarelor, forma flăcării la pornirea cazanului și, în final, condiționări la trecerea arderii pe combustibil solid.

În capitolul 3 se prezintă problemele care privesc reglarea temperaturii și sarcinii la cazane cu trecere directă în regimuri variabile: condiții și factori de influență în regimurile de variație a sarcinii, efectul factorilor de influență asupra variației sarcinii pe cazane, aprecieri asupra energiei acumulate în metalul țevilor supraîncălzitoarelor, metode de atenuare a perturbațiilor generate de variațiile de sarcină și efectele regimului tranzitoriu asupra comportării materialului țevilor supraîncălzitoarelor.

În cadrul capitolului 4 al cărții este abordată problematica depunerilor pe pereții interiori ai țevilor cazanelor de abur. După analiza condițiilor privind regimul chimic al cazanelor, precum și a condițiilor în care apar depunerile, se prezintă mecanismul formării acestor depuneri (conform conceptelor chimice și electrochimice), transmisia de căldură și efectul depunerilor. În final se analizează căile și mijloacele de combatere și prevenire a depunerilor.

Capitolul 5 este rezervat exploatării economice a cazanelor de abur: structura bilanțului energetic al instalației de cazan, structura bilanțului energetic și pierderile agregatului de cazan, exploatarea sigură și economică a cazanului prin utilizarea fișei de regim.

Capitolul 6 se ocupă de reglajele automate și protecțiile cazanelor de abur. După prezentarea scopului sistemelor de reglare automată ca și a unor noțiuni sumare privind aceste sisteme, în cadrul capitolului se analizează următoarele probleme și aspecte: creșterea siguranței și economicității în exploatarea cazanelor de abur prin sistemele de reglare automată, sisteme de protecție la cazane.

Capitolele 7—11 ale lucrării sînt rezervate exploatării turbinelor cu abur: pornirea cu parametri alunecători a turbinelor cu abur, eroziunea paletelor turbinelor cu abur, sistemul de reglaj al turbinelor cu abur (caracteristici), prevenirea incidentelor și avariilor la turbinele cu abur și, în final, exploatarea economică a instalațiilor de turbine cu abur (pierderile turbinei, influența abaterilor de parametri și a exploatării asupra mersului economic al turbinei, căi de reducere a consumului specific de combustibil în centralele electrice).

Lucrarea se încheie (cap. 12) cu o prezentare care se referă la coordonarea factorilor psihologici în exploatarea centralelor electrice: categorii de factori psihologici, definirea factorilor psihologici și modalități de diminuare a erorilor prin coordonarea lor (senzații — percepții, atenția și activitatea de orientare, gîndirea, atitudinea, memoria, emotivitatea, deprinderile, aptitudinile) și, în sfîrșit, particularități privind rutina în muncă.

Lucrarea include și o anexă referitoare la unități de măsură în SI și care nu fac parte din SI, tolerate pe timp nelimitat (STAS 737/5—68), specifice mecanicii și căldurii.

Parcurgerea conținutului acestei lucrări evidențiază efortul autorului de a oferi specialiștilor din exploatare, în primul rînd, cunoașterea unor elemente mai complexe și deosebite ale echipamentelor și instalațiilor care în mod curent intră în preocuparea unui număr restrîns de specialiști.

Conjugînd conceptul de siguranță cu cel de funcționare economică a centralelor electrice, în majoritatea capitolelor lucrării sînt propuse îmbunătățiri de soluții tehnice la echipamente și instalații aflate în exploatare.

În contextul în care în majoritatea proceselor ce au loc în centralele electrice își face apariția calculatorul electronic, n-ar fi fost lipsit de interes ca în cadrul lucrării să se fi infuzat probleme de exploatare a acestor obiective cu ajutorul conducerii cu calculatoare de proces.

Fără îndoială cartea include elemente moderne de exploatare privind partea termomecanică a centralelor electrice prezentate într-o manieră ușor accesibilă, iar unele completări ce se impun ar putea fi integrate într-o eventuală nouă ediție.

Structura și conținutul lucrării dovedesc că aceasta se constituie într-un veritabil îndrumar necesar și folositor atît specialiștilor din activitatea de exploatare a centralelor electrice, cît și celor din domeniul cercetării și proiectării acestor obiective, permițînd totodată a corectă abordare în conceperea echipamentelor energetice de către proiectanții și constructorii de profil.

În aceeași măsură cartea este utilă și studenților energeticieni, mai ales pentru perioada de practică în centralele electrice. Întrunind calități tehnice și didactice remarcabile, cartea va fi desigur bine primită în rîndul cititorilor interesați în problemele de exploatare economică și sigură a părții termomecanice din centralele electrice.

Ing. Romulus Sfichi

СОДЕРЖАНИЕ

ВИОРЕЛ ГРИГОРИУ: Улучшение практических методов расчёта тепловых эффектов токов короткого замыкания *(с изложением на английском языке)* 337—346

ЭУЖДЕН КРЕЦУ: Химическая очистка и пассивирование (пассивация) внутренних поверхностей трубок паровых котлов полустатическим методом 346—354

ИОН ИСТРАТЕ: Расчеты и объяснения по вопросу колебаний энергетических машин *(с изложением на английском языке)* 354—358

АНТОН РОШУ: Воздухоподогреватели с тепловыми трубами для паровых котлов 358—369

САБИН БУДУ, АНА АПОСТОЮ, ЗАХАРИЯ ДРИНОВАН: Нынешние вопросы химии строительных материалов в ГЭС *(с изложением на английском языке)* 370—376

ДОИНА МОРАРУ: Критерия для оценки предельной стоимости солнечных коллекторов 376—377

ИЗОБРЕТЕНИЯ-НОВАТОРСТВА 379—380

ИЗ ИСТОРИИ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ 380

РЕЦЕНЗИИ 381

INHALTSVERZEICHNIS

VIOREL GRIGORIU: Die Verbesserung der praktischen Berechnungsmethoden für die Wärmeauswirkungen der Kurzschlussströme *(mit einer Kurzfassung in Englisch)* 337—346

EUGEN CREȚU: Die chemische Reinigung und Passivierung der inneren Oberflächen der Rohre für die Nebenanlagen der Dampfkessel anhand der halbstatischen Methode 346—354

ION ISTRATE: Berechnungen und Interpretation der Schwingungen in den elektrischem Maschinen *(mit einer Kurzfassung in Englisch)* 354—358

ANTON ROȘU: Luftvorwärmer mit Wärmerohren für Dampfkessel 358—369

SABIN BUDU, ANA APOSTOIU, ZAHARIA DRINOVAN: Gegenwärtige Chemiefragen für die Baustoffe der Wasserkraftwerke *(mit einer Kurzfassung in Englisch)* 370—376

DOINA MORARU: Kriterien zur Einschätzung der Grenzkosten der Solarkollektoren *(mit einer Kurzfassung in Englisch)* 376—377

ERFINDUNGEN-ERNEUERUNGEN 379—380

AUS DER GESCHICHTE DER ELEKTRIFIZIERUNG 380

REZENSIONEN 381

SOMMAIRE

VIOREL GRIGORIU: L'amélioration des méthodes de calcul des effets thermiques des courants de court-circuit *(avec résumé en anglais)* 337—346

EUGEN CREȚU: Le nettoyage chimique et la passivation des surfaces intérieures des tuyaux des sous-ensembles des chaudières à vapeur par la méthode semi-statique 346—354

ION ISTRATE: Calculs et interprétation des vibrations des machines énérgétiques *(avec résumé en anglais)* 354—358

ANTON ROȘU: Réchauffeurs d'air à tubes thermiqes pour les chaudières à vapeur 358—369

SABIN BUDU, ANA APOSTOIU, ZAHARIA DRINOVAN: Problèmes actuels concernant la chimie des matériaux des construction employés aux centrales hydroélectriques *(avec résumé en anglais)* 370—376

DOINA MORARU: Critères pour estimer les coûts limites des capteurs solaires 376—377

INVENTIONS-INNOVATIONS 379—380

DE L'HISTORIQUE DE L'ÉLECTRIFICATION 380

COMPTE-RENDU 381

SOMMAIRES

DC 631.3.014.3 :538.66

VIOREL GRIGORIU : Improvement of Practical Thermal Effects Calculation Methods of Shortcircuit Currents (with a short presentation in English)

The paper presents a solution proposed by the author to correlate the thermal effect calculation method of short-circuit currents, imposed by the specifications PE 103, with the shortcircuit currents calculation method contained in the norm PE 134.

The two methods, the average equivalent current method and the decrement tables method are based on the different generators excitation behaviour during short circuits, i.e. the first one considers the excitation increase as a consequence of the RAT operation—German practice—and the second one as a consequence of excitation forcing — the USSR practice— applied in Romania as well.

The two specifications have been correlated by considering the contribution of the periodic component to the thermal shortcircuit effect considering that this one is supplied from generators provided with excitation forcing. The calculation method revision has favourable economical effects in the case of shortcircuits close to the sources in case of shortcircuits far from the sources the thermal effect of the periodic camponent is not influenced practically by the machine excitation.

The paper also contains some proposals for a practical solution of the thermal effect calculation due to the contribution to the shortcircuit of some sources of different nature (system, synchronous generators, asynchronous motors) a problem still unsettled practically in the literature and for the examination of the regime previous to the shortcircuit, a potential source for the increase of the current density admitted for a shortircuit.

[Energetica 33 (1985), nr. 8, p. 337—346]

DC 621.311.18 :621.181.021

EUGEN CREȚU : Chemical Cleaning and Passivization of the Internal Pipes Surfaces of Steam Boilers Subassemblies by the Semistatic Method

The labor tests, results and their interpretation regarding the improvement of the semistatic method for the steam boilers chemical cleaning. The experimental results have been applied practically to the chemical cleaning of the high parameters steam boiler, the operation phases, each phases' parameters, the chemical cleaning installation scheme as well as the working manner are shown. Finally, the results obtained by the practical application of the semistatic method in comparison to the dynamical method, the technical economic advantages and the cases in which this method can be applied efficiently. It can be seen that in certain cases the semistatic method has obvious advantages as compared to the dynamic method, the operations' duration and the installations costs being much reduced, obtaining at the same time important savings of chemical reagents and demineralized water.

[Energetica 33 (1985), nr. 8, p. 346—354]

DC 621.313 : 534.32

ION ISTRATE : Power Machines Vibrations Causes and Interpretations (with a short presentation in English)

The paper presents some of the most frequent causes generating vibrations increases with operating machines. These causes refer mainly to the negative effects of faulty parts' rigging or to the exceeding of design allowances during setting up or repairments.

Some cases of parts' wear in operation as well as their damaging effects are hinted to as well.

Finally, the interpretation of machine faults in operation by analyzing the measured vibrations frequencies is proposed.

[Energetica 33 (1985), nr. 8, p. 354—358]

DC 621.311.22/23 : 621.311.18 : 621.187

ANTON ROȘU : Thermal Pipes Air Preheaters for Steam Boilers

I. Steam boilers burning sulphurous fuels discharge highly aggressive flue gases for the final heat exchange surfaces.

The paper presents one of the most efficient heat recovery solutions from the flue gases in their corrosion ares : the thermal pipes air preheater.

II. The results of stand tests of a therml pipes air preheater are presented. The efficiency as well as reliability of such a heat exchanger in the corrosiv area of the flue gases produced by sulphurous fuels burning steam boilers has been proved.

[Energetica 33 (1985), nr. 8, p. 358—369]

DC 621.311.21

SABIN BUDU, ANA APOSTOIU, ZAHARIA DRINOVAN : Present Chemistry Problems at the Hydroelectric Power Plants Building Materials

The authors present some chemistry problems occuring in the field of hydrotechnical constructions, whose solving in efficient and economic conditions would lead to the increase of the practical operation duration of the concrete and metal equipment.

The authors consider that the continuous promoting of the technical progress in the field of classical construction equipment should be accompanied by experiements to achieve new types of materials with superior physical and mechanical characteristics, contributing thus to the widening of the range of anticorrosive materials and to the obtaining of durable hydrotechnical constructions at a very low price.

[Energetica 33 (1985), nr. 8, p. 370—376]

DC 621.363 :662.997

DOINA MORARU : A Criterion for the Limit Cost of Solar Collectors (with a short presentation in English)

An optimization criterion for the solar thermal instalations heat regimes is proposed as well as for the limit cost of different types of solar collectors for the same imposed price of the delivered energy.

Energetica 33 (1985), nr. 2, p. 376—377]

INVENTIONS—INNOVATIONS 379—380

FROM THE HISTORY OF ELECTRIFICATION 380

REVIEWS 381

COLEGIUL DE REDACȚIE

Președinte, redactor responsabil : **dr. ing. Călin Mihăileanu**
Redactori responsabili adjuncți : **dr. ing. Nicolae Armeneoiu, dr. ing. Gheorghe Bălan**
Secretar de redacție : **dr. ing. Eugeniu Pavel**
Gestiune financiară : **ec. Gheorghe Ursache**

Orientări în energetică : **dr. ing. Mario Duma**
Energetica în unități economice : **ing. Ion Măiereanu**
Dezvoltarea sistemelor energetice : **dr. ing. George Manolescu**
Conducerea și automatica SE : **dr. ing. Victor Romert, dr. ing. Jean Constantinescu**
Centrale termoelectrice : **conf. dr. ing. Costin Moțoiu, ing. Romeo Zbarcea, dr. ing. Teodor Popa, ing. Horia Furtunescu**
Centrale hidroelectrice : **dr. ing. Gheorghe Luca**
Centrale nuclearoelectrice : **ing. Adrian Georgescu**
Rețele electrice : **ing. Dinu Voinea, ing. Nicolae Georgian**
Alimentare cu căldură : **ing. Nicolae Niculescu**
Surse și tehnologii noi : **dr. ing. Alexandru Florescu**
Tehnologii chimice în energetică. Poluare : **dr. chim. Maria Maftei**
Organizarea muncii : **ing. Miron Popescu, ing. Dan Iosifescu**
Istoria energeticii : **ing. Paul Cartianu**
Buletin informativ : **ing. Mihai Nistor, ing. Romulus Sfichi**

Centre universitare și industriale :
București : **conf. dr. ing. Alexandru Selischi**
Iași : **prof. dr. ing. Alexandru Poeată**
Timișoara : **prof. dr. ing. Viorel Negru**
Cluj : **conf. dr. ing. Silviu Darie**

Revista ENERGETICA este editată și administrată de Institutul de Cercetări și Modernizări Energetice prin Oficiul de Informare Documentară pentru Energetică : **Vasile Pleșca** (șef OIDE), **Ana Maria Chivu** (redactor).

Revista ENERGETICA este publicație lunară devotată preocupărilor spirituale și realizărilor materiale în domeniul energeticii.

În revista ENERGETICA se publică :

Articole

Informații referitoare la : publicații recente (cărți, reviste), noutăți științifice și tehnice, invenții și inovații, experiență de exploatare, realizări tehnice remarcabile, manifestări tehnico-științifice naționale și internaționale (congrese, conferințe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse : cronici, recenzii, discuții la articole publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuțiilor în jurul meselor rotunde.

Instituțiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01—BN R.S.R.

Fil. Sector 3. Costul unui abonament anual : 144 ; lei costul unui exemplar : 12 lei.

41 401

ANNOUNCEMENTS FOR READERS ABROAD

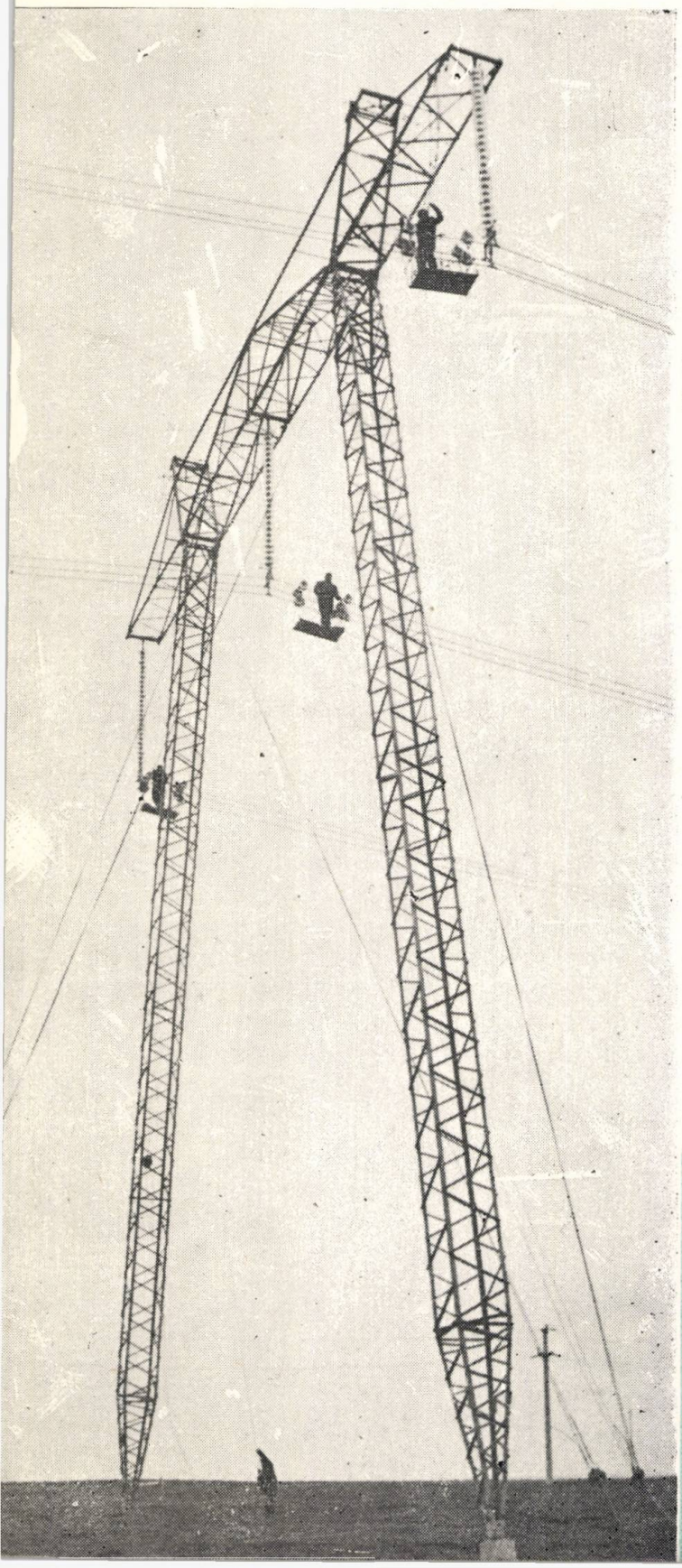
- **The review "Energetica" can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages**
- **The review "Energetica" proposes a publication exchange with similar reviews and in relating fields**
- **The review "Energetica" provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well**
- **The review "Energetica" publishes on request from authors abroad reports of energy or other materials : technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia, etc. written in one of the worldwide spoken languages**
- **Readers from abroad can subscribe through : ROMPRES FILATELIA — sectorul import-export PO. Box 12—501, telex 10376 prsfir, Calea Griviței nr. 64—66.**

Redacția și administrația : București 79619, Bd. Energeticienilor nr. 8, sect. 3
Telefon : 20.67.30, 21.46.30.

Tiparul : „Întreprinderea Poligrafică „Informația", București, str. Brezoianu 23—25, c. 2728

T.A.G.-ELECTROMONTAJ

TRUSTUL ANTREPRIZA GENERALA "ELECTROMONTAJ"
Bucureşti, sect. 2, calea Moşilor nr. 158, telefon 16.63.30.



★ ★ ★

T. A. G. ELECTROMONTAJ execută prin unităţile sale de construcţii :

- linii electrice de foarte înaltă tensiune 220-750 kV ;
- linii electrice de înaltă şi medie tensiune 6-110 kV ;
- lucrări de joasă tensiune : iluminat de stadioane, de autostrăzi, de aeroporturi etc. ;
- linii electrice în cabluri subterane şi subfluviale de 1-110 kV ;
- staţii electrice de transformare şi conexiuni 1-750 kV ;
- posturi de transformare şi puncte de alimentare de orice tensiune şi putere.

★ ★ ★ ★

La executarea instalaţiilor electrice T. A. G. "Electromontaj" foloseşte procedee tehnologice moderne de mare productivitate, care conduc la durate scurte de execuţie şi la un înalt nivel calitativ al lucrărilor.

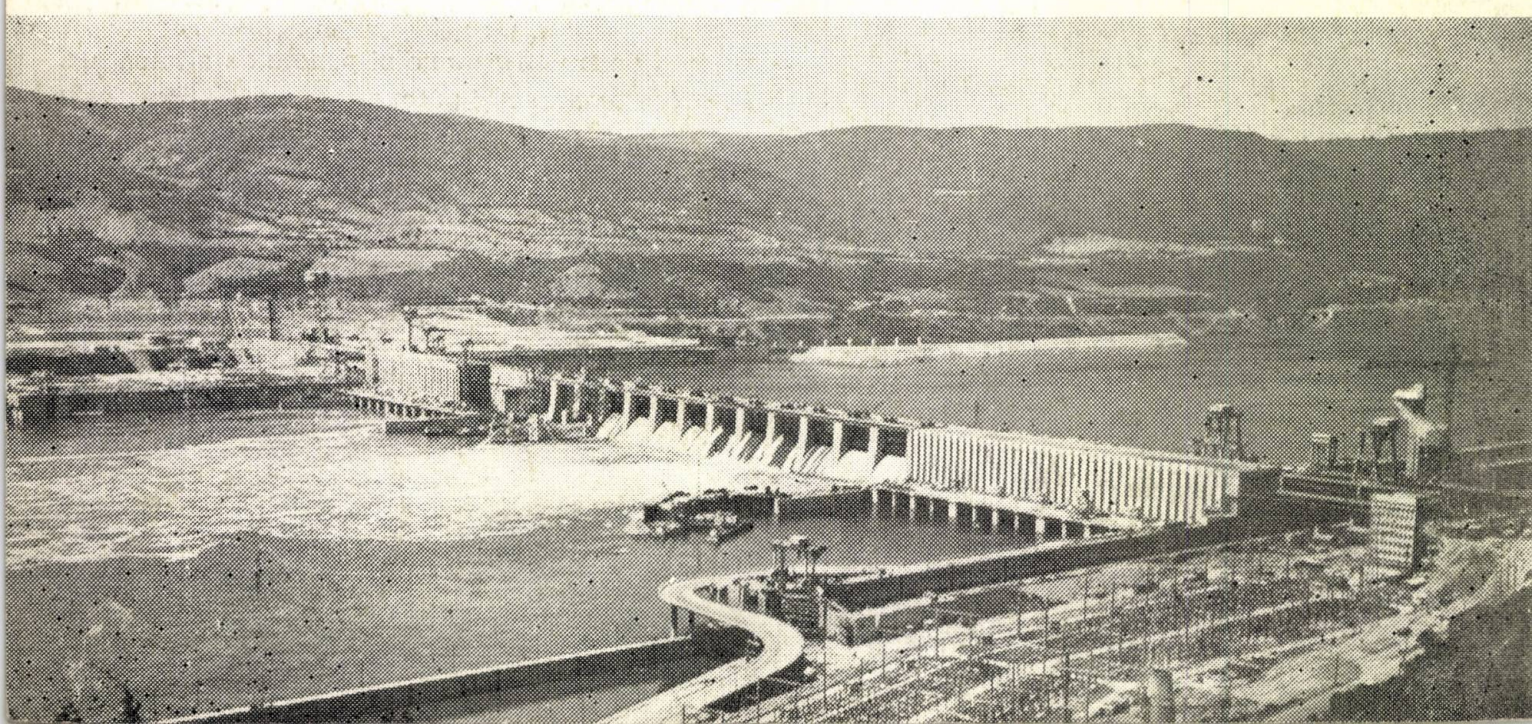
TAGCH

TRUSTUL ANTREPRIZA GENERALA DE CONSTRUCTII HIDROENERGETICE BUCURESTI

STR. DIMITRIE ONCIUL NR. 23-25 TELEFON: 35 54 70
SECTOR 2 COD: 70 318 TELEX: 10244 R

execută în ţară şi în străinătate centrale hidroelectrice şi lucrări hidrotehnice complexe

FOREIGN 3 01



Ei 2039

MW

1985 DEC 1

Energia

REFERALVA

9

100 de ani de energetică românească

Cuprinsul

DUMITRU TEACI, NECULAI HURDUC: Considerații privind resursele de fitomasă ale României pretabile a fi utilizate ca sursă reînnoibilă de energie 385

NICOLAE OPRIȘIU, LIVIU CANCIU: Alegerea coordonată a echipamentului electric din serviciile proprii ale centralelor electrice (CTE, CET, CNE) 392

CONSTANTIN MUNTEANU, MIHAI MOCANU, ION DIACONU: Concepția de proiectare a elementelor componente ale LEA de înaltă tensiune ținînd cont de experiența lucrului sub tensiune în R. S. România (*cu prezentare în limba engleză*) 394

BALÁSZ MÁTHÉ, VALERIU PANAITE: Creșterea siguranței în funcționare a cablurilor electrice prin încercări de fiabilitate (*cu prezentare în limba engleză*) 399

GHEORGHE IONAȘCU: Sisteme de conducere de la distanță a stațiilor electrice de transformare și conexiuni și mod de rezolvare a unora din implicații 405

ROMULUS SFICHI: Aspecte privind inventarierea și valorificarea potențialului energetic eolian din podișul Sucevei 411

ANTON ROȘU: Preîncălzitoare de aer cu tuburi termice. Experimentări la CET Oradea 416

IOANA GOLEȘTEANU: Analiza termică — o nouă metodă de investigare a comportării cărbunilor în procesul de ardere (*cu prezentare în limba engleză*) 424

INVENȚII — INOVAȚII 428

DIN ISTORIA TEHNICII 429

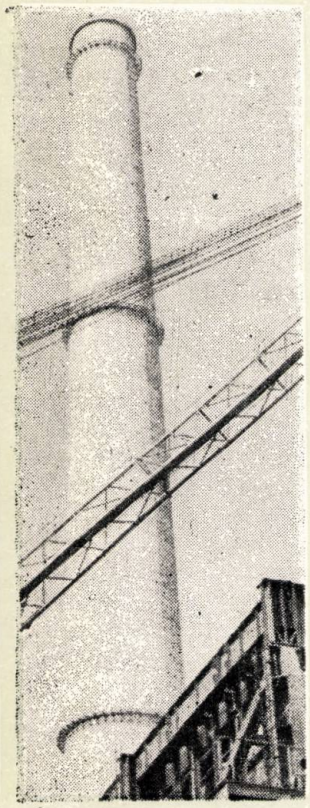
RECENZIE 429

VOLUMUL XXXIII
BUCUREȘTI
SEPTEMBRIE 1985

energetica

tagec

TRUSTUL ANTREPRIZA GENERALA energoconstrucţia

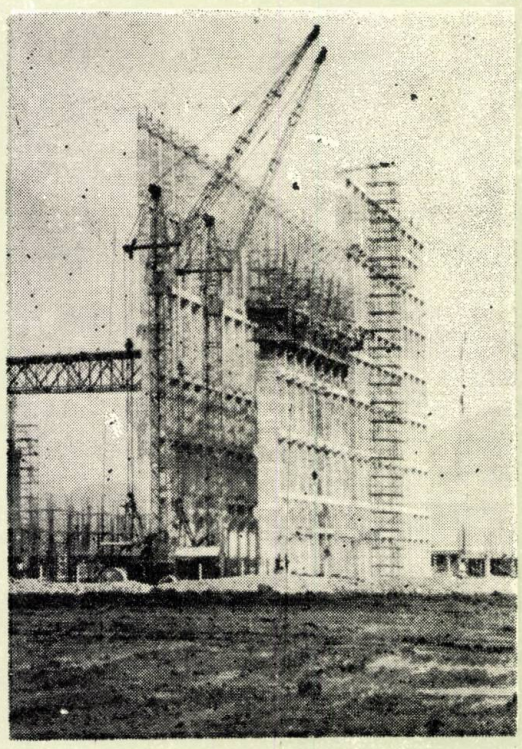


T.A.G. ENERGOCONSTRUCTIA, dispunînd de o dotare tehnică modernă şi de un important efectiv de muncitori de înaltă calificare, tehnicieni şi ingineri, realizează :

LUCRARI DE CONSTRUCTII SI DE INSTALATII aferente termocentralelor electrice şi de termoficare de mare şi foarte mare putere funcţionînd pe cărbune, gaze, şisturi etc.;

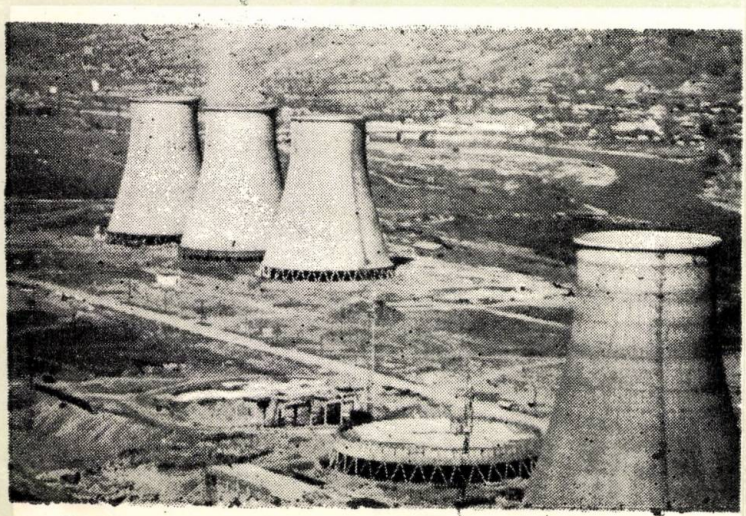
LUCRARI DE TEHNICITATE DEOSEBITA CA :

- magistrale şi reţele de termoficare pentru alimentarea marilor centre industriale şi urbane ;
- turnuri de răcire de mare capacitate cu tiraj natural sau forţat (Q = 42.000 mc/h) ;
- coşuri de fum de mare înălţime (H = 280 m) ;
- fundaţii speciale pentru maşini şi utilaje în termocentrale ;
- staţii de transformare de 400, 200 şi 110 kV.



LUCRARI HIDROTEHNICE AFERENTE TERMOCENTRALELOR :

- baraje de diferite tipuri, regularizări de rîuri ;
- prize decantoare şi staţii de pompe pentru debite importante ;
- canale şi conducte de apă caldă şi rece în soluţii constructive variate.



T.A.G. "ENERGOCONSTRUCTIA" A REALIZAT IN SIRIA TURNURI DE RACIRE SI COSURI DE FUM LA RAFINARIA DIN BANYAS SI LA FABRICA DE CIMENT DIN ALEPPO.

T.A.G."ENERGOCONSTRUCTIA"
Calea Dorobanţilor nr.103-105
Sector 1 - Bucureşti
Telefon 79.60.20 - telex 10179

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

ANUL 33 Nr. 9 Septembrie 1985

Orientări în energetică

Considerații privind resursele de fitomasă ale României, pretabile a fi utilizate ca sursă reînnoibilă de energie

Dr. doc. şt. Dumitru Teaci, dr. doc. şt. Neculai Hurduc *

Descriptori : bioenergie, biomasă

În raportul prezentat la cel de al XIII-lea Congres al P.C.R. de tovarăşul secretar general Nicolae Ceauşescu, precum şi în Directivele Congresului, se subliniază că „o atenţie deosebită va fi acordată noilor surse de energie — biomasa, energia vîntului, energia solară şi altele".

O caracteristică foarte importantă a acestei surse de energie este răspîndirea lor mai uniformă pe suprafaţa Pămîntului, în comparaţie cu cea a combustibililor fosili sau a uraniului. Din această cauză ele reţin atenţia în cadrul politicilor de independenţă energetică la nivel naţional, regional sau local. În plus, sursele reînnoibile de energie sînt practic nepoluante pentru mediul înconjurător, în unele cazuri valorificarea lor putînd constitui chiar o cale eficientă de depoluare a mediului.

Prin definiţie, biomasa reprezintă întreaga cantitate de materie vie care intră, deci, în alcătuirea tuturor vieţuitoarelor de pe planeta noastră (plante, animale — microorganisme, macroorganisme — inclusiv omul).

Combustibilii obţinuţi din biomasă (biocombustibilii) au o calitate foarte importantă pentru majoritatea tehnologiilor în care sînt utilizabili în prezent, şi anume aceea de a fi în mare măsură similari ca origine cu combustibilii fosili, putîndu-i astfel înlocui cu uşurinţă. Astfel, biomasa poate fi transformată în etanol, metanol sau uleiuri vegetale care pot fi utilizate, ca atare sau în amestec cu carburanţii obişnuiţi (benzină—gazohol, motorină), drept carburanţi pentru motoarele cu ardere internă. Totodată, cu excepţia hidrogenului obţinut prin procese foto-biologice, foto-chimice sau foto-electrochimice (tehnologii încă nepuse la punct), singură biomasa este în stare să dea naştere unor combustibili chimici, care să poată fi înmagazinaţi şi păstraţi, ceea ce, evident, constituie o altă însuşire extrem de valoroasă, în special pentru viitorul apropiat.

Atunci cînd ne referim la biomasă ca sursă reînnoibilă de energie se are în vedere numai acea biomasă care deţine ponderea cea mai mare din punct de vedere cantitativ.

În general se disting două grupe principale de biomasă :

1. Biomasă vegetală — fitomasa — care deţine rolul primordial în captarea energiei solare prin procesul de fotosinteză şi care asigură, aproape în exclusivitate, energia necesară pentru toate celelalte forme de viaţă de pe planeta noastră, aflîndu-se astfel şi la originea celei de a doua grupe de biomasă.

2. Biomasa animală — deşeuri şi reziduuri rezultate din creşterea animalelor şi din prelucrarea diferitelor produse animaliere.

Aceste două tipuri de biomasă diferă fundamental ca mod de prezentare (însuşiri fizice, chimice), de producere şi mai ales de utilizare (tehnologii de conversie).

În ceea ce priveşte biomasa vegetală — fitomasa, situaţia ţării noastre se caracterizează, în general, prin următoarele elemente principale :

— clima temperată (ţara noastră se situează între paralelele 44 şi 48 latitudine nordică);

— terenuri ocupate de vegetaţie aproximativ 21 500 $\times 10^3$ ha, adică peste 87 % din suprafaţa ţării noastre (23750 $\times 10^3$ ha);

— vegetaţia este reprezentată în special de plantele cultivate pe 63 % din suprafaţa ţării

* Dr. doc. şt. Dumitru Teaci — secretar ştiinţific al Academiei de Ştiinţe Agricole şi Silvice, dr. doc. şt. Neculai Hurduc — şef Laborator de fiziologie şi biochimie a plantelor de la Institutul de Cercetări pentru Cereale şi Plante Tehnice—Fundulea.

Tabelul 1

Producţia de fitomasă în R.S.R. în anul 1978

Categoria de folosinţă a terenurilor	Suprafaţa totală ocupată		Producţia totală de fitomasă		
	mii ha	%	mii tone	%	la un ha
Agricol-total	15 000	63	65 000	71	4 350
— arabil	9 800	41	49 500	54	5 000
Neagricol — total	8 750	37	26 000	28	3 000
— silvic	6 300	26	25 500	28	4 000
— ape şi bălţi	800	3,5	400	4	500
Total general	23 750	100	91 000	100	3 800

Tabelul 2

Productivitatea şi producţia primară netă a principalelor tipuri de ecosisteme spontane din R. S. România [2]

Unitatea de vegetaţie	Suprafaţa		Productivitatea medie	Producţia medie anuală	
	mii ha	%	t/an/ha	mii t	%
Păduri	6 300	62	9,1	57 595	81,2
Pajişti	3 530	35	2,5	8 662	12,2
Stufării	250	2	15,0	3 750	5,3
Tufărişuri	180	1	5,1	924	1,3
Total	10 230	100	6,9	70 931	100,0

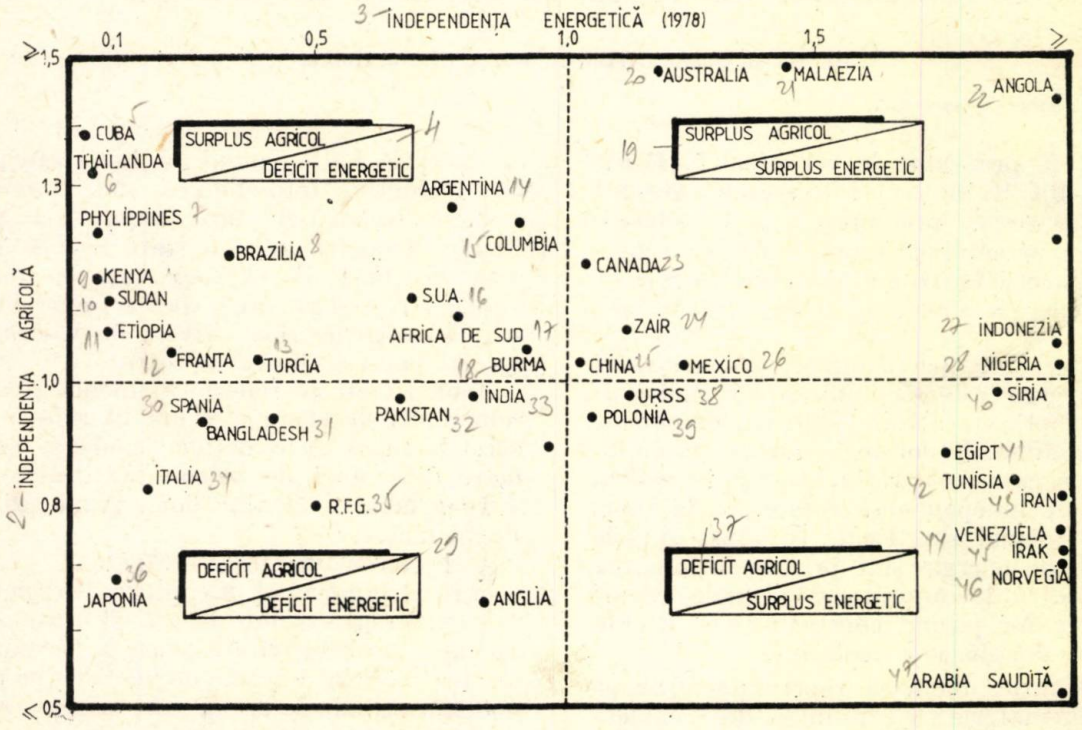


Fig. 1. Independenţa agricolă şi energetică a unor state (FAO, LARC/80/8, iunie 1980).

(41 % fiind terenuri arabile) şi păduri (26 %) (tabelele 1 şi 2).

În aceste tabele sînt prezentate şi producţiile totale de fitomasă (în substanţă uscată).

După cum se ştie, programul partidului de dezvoltare economico-socială a patriei noastre prevede realizarea unor producţii sporite de fitomasă şi totodată asigurarea independenţei energetice.

În figura 1 se prezintă o situaţie întocmită de FAO pentru cîteva dintre statele lumii, sub raportul asigurării lor cu produse agricole şi cu energie.

În ceea ce priveşte utilizarea fitomasei, se ştie că în cea mai mare parte ea este destinată satisfacerii nevoilor de alimentare pentru populaţie (inclusiv prin transformarea unei părţi a fitomasei — furajele, în produse alimentare), a nevoilor de îmbrăcăminte şi a celor de materii prime pentru unele industrii (chimică, farmaceutică etc.).

Gradul de valorificare a fitomasei, în cadrul tehnologiilor existente (care ar putea fi denumite tradiţionale) este încă foarte redus.

Dacă analizăm sub aspect energetic situaţia actuală, chiar pentru ţările cu o agricultură avansată se constată că din totalul energiei solare care ajunge la suprafaţa pămîntului nu se valorifică decît circa 0,1 %. În figura 2 se ilustrează cele spuse, cu referiri la ţara noastră. Rezultă că este imperios necesar să ne punem problema îmbunătăţirii căilor de valorificare a fitomasei care se poate produce în ţara noastră.

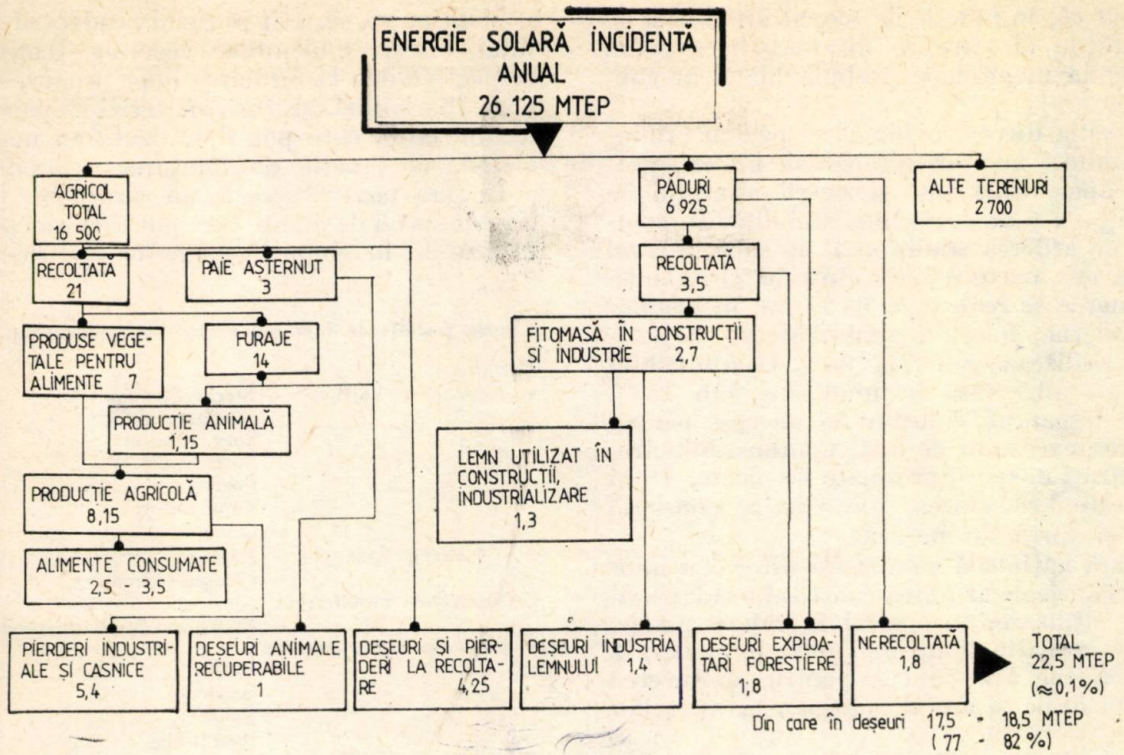


Fig. 2. Energia solară pe teritoriul R.S.R. şi gradul de valorificare pe sectoare principale.

Tabelul 3

Surse posibile de biomasă convertibilă în conbustibili

Deşeuri
- Fermele zootehnice
  - dejecţii
  - gunoi de grajd
- Industria alimentară
  - fabrica de zahăr (borhot, melasă)
  - fabrica de conserve
  - fabrica de brînză (zer)
- Industrializarea lemnului

Fitomasa
- Culturi specializate
- Reziduuri — producţia secundară
  - Din producţia agricolă şi legumicolă :
  - paie (cereale păioase)
  - coceni, ciocălăi (porumb)
  - vreji (cartofi, tomate, ardei etc.)
  - colete de la sfecla de zahăr
  - Din exploatările forestiere
  - Din bazinele viticole şi pomicole

Începînd din anul 1981 CNST împreună cu ASAS au organizat un program de cercetare, dezvoltare tehnologică şi introducere a progresului tehnic în domeniul producerii de fitomasă, în scopul obţinerii de energie şi de substanţe chimizabile.

Cercetările întreprinse pînă în prezent în cadrul acestui program coordonat de către ICCPT-Fundulea au dus la o serie de rezultate importante, dintre care prezentăm în lucrarea de faţă doar cîteva.

Pornind de la inventarul surselor posibile de biomasă care ar putea fi convertibile în combustibili (tabelul 3) şi ţinînd seama de tehnicile

Tabelul 4

Tehnici de conversie pentru producerea combustibililor din biomasă

Procesul	Produse	Stadiul de elaborare a tehnologiei
a) TERMIC		
— Combustie directă	CO_2, apă, cenuşă, căldură, abur, electricitate	Bine pusă la punct
— Piroliză	Mangal, ulei, gaze (CO, $C_2H_4H_2$)	Stabilită la scară mică
— Gazeificare	În prinicipal CO şi H_2	În curs de elaborare la scară mare
— Gazeificare + sinteză catalitică	Metanol, hidrocarburi	În curs de elaborare
b) BIOLOGIC		
— Fermentaţie cu drojdii	Etanol + CO_2	Bine pusă la punct
— Descompunere anaerobă	Metan + CO_2	Bine pusă la punct
c) MECANIC, CHIMIC		
— Extracţie prin presare sau cu solvenţi	Ulei	Bine pusă la punct

şi tehnologiile existente în prezent în acest domeniu (tabelul 4) atenţia a fost orientată îndeosebi spre posibilităţile de producere a alcoolilor etilic şi metilic, a uleiurilor vegetale, a biogazului şi latexurilor.

Desigur că, în funcție de scopul urmărit și de posibilitățile de care se dispune, fiecare din tehnologiile menționate trebuie luată în considerare.

Combustia directă a biomasei pentru producerea căldurii necesare preparării hranei, producerii apei calde sau generării aburului se bazează pe o tehnologie bine stabilită. În comparație cu arderea tradițională în sobă, a cărei eficiență era foarte redusă (circa 30 %) în boilerele moderne se realizează 65 %, iar în instalațiile moderne, folosind schimbătoare de căldură, se realizează pînă la 96 %. Combustibilii trebuie să aibă însă o umiditate sub 15 %, ceea ce înseamnă consum de energie pentru eliminarea excesului de apă. Combustibilii trebuie păstrați în spații protejate de ploaie. Dacă se folosește brichetarea, tocarea, se consumă energie și forță de muncă.

La scară națională combustia directă a unor reziduuri agricole ar putea constitui o cale auxiliară de utilizare, în special în zonele rurale.

Dintre celelalte tehnologii puse la punct, în prezent reține atenția cea pentru producerea alcoolului etilic și cea de obținere a uleiurilor vegetale.

Producerea etanolului prin fermentația zahărului din plante este utilizată de peste 10 000 ani, conținutul energetic al etanolului fiind de 28 MJ/kg, iar densitatea energetică de 28 GJ/m^3 (la petrol aceste valori sînt de 46 și respectiv 35).

Etanolul implică un consum mare de energie pentru distilare. El prezintă însă un mare interes ca biocarburant, putînd fi utilizat fie pur, fie în amestec (10—15 %) cu benzina.

Conversia fitomasei bogată în zahăr, care poate fermenta direct în etanol, are un randament destul de mare care depinde în special de productivitatea speciei de plante (tabelul 5).

Tabelul 5

Randamentul producerii etanolului din diverse culturi

Cultura	Fitomasa recoltată [t/ha]	Producția de etanol	
		[l/t]	[l/h]
Porumb boabe	10	387	3 870
Grîu boabe	5	362	1 810
Sorg boabe	5	387	1 935
Sorg zaharat	50	79	3 950
Sfeclă de zahăr	50	92	4 600
Cartofi	30	95	2 850

În ceea ce privește extragerea uleiurilor vegetale, tehnologiile bazate pe presare, respectiv pe solvenți sînt bine puse la punct, în etapa actuală putîndu-se extrage din semințele plantelor oleaginoase între 86 și 99 % din uleiul pe care acestea îl conțin.

Menționăm că, atît în cazul producerii etanolului, cît și al uleiurilor vegetale, tehnologiile respective duc la formarea unor produse secundare (borhoturi, șroturi, material vegetal însilozabil etc.), care pot fi utilizate cu mare eficiență, în funcție de furajarea animalelor.

În țara noastră există un sortiment relativ larg de specii de plante care pot furniza fitomasă utilizabilă în scopuri energetice sau de chimizare (tabelul 6). Productivitatea (cantitatea de fitomasă/ha) variază însă foarte mult de la o zonă la alta a țării noastre, în funcție de parametrii pedoclimatici ai acestora și de însușirile fiziologice ale genotipurilor (soiurilor, hibrizilor, populațiilor) cultivate (tabelul 7).

Tabelul 6

Surse posibile de fitomasă energetică pe teritoriul R.S.R

Terestre	
— Agricole—saharifere	— Sfecla de zahăr
	— Sfecla furajeră
	— Sorg zaharat
	— Sorg boabe
	— Porumb
	— Topinambur
	— Cartof
— Oleaginoase	— Rapița
	— Floarea-soarelui
— Neagricole laticifere	
	— Asclepias, Euphorbiaceae
— Silvicole lignocelulozice	
	— Plop
	— Salcie
	— Salcîm
	— Paulownia
Lacustre	
— Floră spontană-Lignocelulozice	
și cultivată	— Stuf
	— Papura
	— Juncaceae
Acvatice	
— Culturi speciale	— Macris de baltă
	— Salata de nil
	— Zambila de apă
— Alge	— monocelulare
	— pluricelulare

Tabelul 7

Producțiile maxime de fitomasă (t/ha s.u.) în principalele zone geografice din R.S.R. la diferite specii

Specia \ Zona	Stepa	Silvostepa				
	Bărăgan + Dobrogea	Muntenia + Oltenia	Transilvania	Moldova	Cîmpia de vest	Delta Dunării
Porumb	83	70	20	62	65	85
Sorg zaharat	47	100	—	40	70	90
Sorg boabe	70	55	—	42	—	—
Sfecla de zahăr	77	75	52	73	73	43
Sfecla furajeră	155	128	—	135	120	—
Cartofi	55	21	55	28	40	—
Topinambur	45	73	—	—	100	—
Floarea-soarelui	68	54	—	68	41	—
Hamei	—	—	54	—	—	—
Stuf (Arundo)	—	—	—	—	—	90
Răchită	—	—	—	—	—	19 (s.u.)

În cadrul programului de cercetări amintit se urmărește obținerea unor cantități de fitomasă de 20—25 t/ha s.u. cu un anumit conținut în substanțe energetice. În tabelul 8 se prezintă unele specii de plante, aflate în studiu, precum și valorile lor energetice, care, după cum se vede, justifică pe deplin atenția ce li se acordă.

Din excedentul de fitomasă amintit, care ar putea ajunge în anul 2020 la 400—1200 kg/cap locuitor, s-ar putea obține între 80 și 240 l etanol, cu care s-ar putea înlocui între 96 și 288 l benzină (raportat la fiecare locuitor). Aceasta înseamnă un consum de benzină de 7 l/100 km, pentru a asigura parcurgerea a 1300—4200 km de către fiecare locuitor.

Tabelul 8

Productivitatea și valoarea energetică a fitomasei la diferite specii

Denumirea speciei	Recolta anuală (substanța uscată) [t/ha]	Producția de substanțe energetice principale [t/ha]	Randament posibil al purtătorilor de energie [t/ha]	Valoarea energetică (căldura de ardere) [GJ/ha]
— Sfecla de zahăr	18—20	8—10	4,0—4,5 alcool etlic	93,8—105,9
— Sfecla furajeră	19—21	10—12	5,5—6,0 alcool etilic	128,9—140,7
— Sorg zaharat (masă verde)	17—22	10—13	4,0—6,0 alcool etilic	93,8—140,7
— Sorg boabe (coacere lapte)	13—16	8—10	3,0—4,0 alcool etilic	70,3— 93,8
— Porumb boabe (coacere lapte)	18—20	8—10	3,5—4,0 alcool etilic	82,1— 93,8
— coacere în lapte	23—24	10—12	4,6—6,0 alcool etilic	93,8—140,7
— Topinambur — tubercule	14—16	9—10	4,5—5,0 alcool etilic	105,5—117,2
— Cartof	10—12	8—10	3,0—3,5 alcool etilic	70,3— 82,1
— Plop	30—35	19—22	9,0—10,5 alcool etilic	211,0—246,2
— Salcie	14—17	8—9	4,0—4,5 alcool etilic	93,8—105,5
— Stuf	20—25	15—20	8,0—9,0 alcool etilic	187,6—211,0
— Paulownia	25—30	17—22	13,5—15,5 alcool etlic	242,8—364,2
— Pistia	22—24 (în 60 de zile)	—	5,0—6,0 × × 10^3 M biogaz	177,9—217,7
— Zambila de apă	20—25 (în 60 de zile)	—	5,5—6,5 × × 10^3 M biogaz	195,7—239,5
— Floarea-soarelui (semințe)	4,2—4,5	2,0—2,5	— ulei	79,5— 99,2
— Rapiță (semințe)	2,5—3,0	1,0—1,5	— ulei	39,8— 59,5

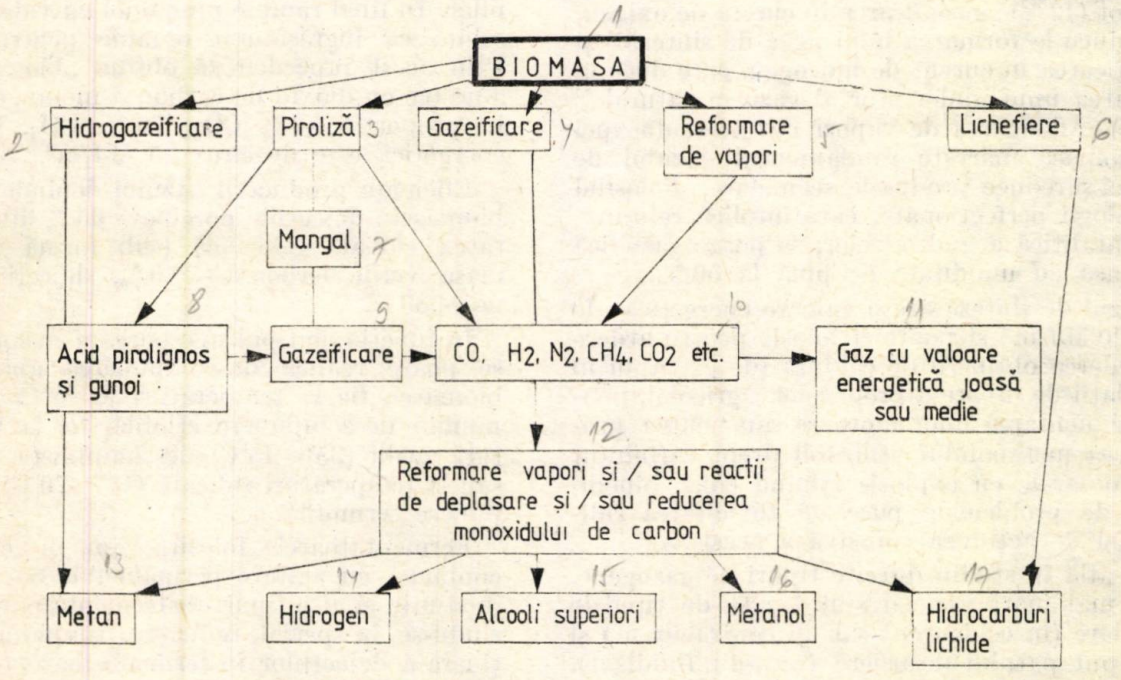


Fig. 3. Căi termice posibile de conversie a biomasei în combustibili [1].

Celelalte tehnologii de conversie a fitomasei în combustibil (piroliza, gazeificarea, lichefierea directă) sau a biomasei în general (descompunerea anaerobă) sînt în stadii mai mult sau mai puţin avansate de elaborare. Primele trei tehnologii, bazate pe procese termice (fig. 3), duc în final la obţinerea unor biocarburanţi gazoşi sau lichizi, care pot fi utilizaţi în cele mai diverse moduri.

Piroliza constă dintr-o distilare distructivă a fitomasei în absenţa aerului. Fitomasa trebuie să aibă, în general, o umiditate redusă (sub 15 %), la fel ca şi în cazul combustiei directe, dar se poate folosi şi fitomasă cu umiditate de pînă la 40 %. Piroliza are loc la 200—1100° şi dă naştere manganului, unui distilat lichid şi unui amestec de gaze. În funcţie de tehnica folosită se obţin în general 35 % mangan, 35 % distilat lichid şi 22 % gaze. Manganul are o valoare calorifică de 30 MJ/kg (cărbunii 28,8 MJ/kg) şi poate fi utilizat în oţelării (cărbune activ, purificare gaze). Distilatul lichid poate fi utilizat direct sau redistilat pentru a produce carburanţi sau materii prime chimizabile. Gazele au o putere calorifică de 10,5—15 MJ/m³ şi pot fi arse în generatoare (pentru a produce electricitate, de exemplu).

Deşi relativ simplă, tehnologia de piroliză nu are încă o răspîndire prea mare. Sînt în studiu instalaţii de piroliză mobile şi uzine mari (eventual pentru prelucrarea anvelopelor de cauciuc).

Gazeificarea permite conversia termică a biomasei în gaze. Se cunosc trei procese alternative de gazeificare : gazeificarea în curent de aer, care duce la formarea unui gaz de putere energetică scăzută datorită conţinutului mare de azot (42 %) ; gazeificarea în curent de oxigen, care duce la formarea unui „gaz de sinteză" şi gazeificarea în curent de hidrogen, care duce la formarea unui „înlocuitor al gazelor naturale" (IGN). Adăugarea de vapori sau prezenţa apei în biomasă măreşte randamentul gazului de sinteză şi reduce produsele secundare. Folosind tehnologii perfecţionate, care implică reformarea catalitică a gudroanelor, se poate gazeifica fitomasă cu umiditate de pînă la 50 %.

Gazul de sinteză are o valoare energetică de 10—20 MJ/m³ şi poate fi folosit pentru ardere în vederea obţinerii de căldură (de exemplu în instalaţii de uscare a produselor agricole), pentru alimentarea unor motoare sau pentru producerea metanolului utilizabil drept carburant în motoarele cu explozie (ţinînd cont, bineînţeles, de problemele puse de toxicitatea ridicată şi de acţiunea corosivă a acestuia).

Se află în studiu diferite tipuri de gazogene. Cele mai mari variaţii sînt legate de tipul de insuflare (în echicurent sau în contracurent) şi de tipul patului de ardere (fix sau fluidizat). Gazogene perfecţionate, cu pat fluidizat, permit gazeificarea unei game largii de materii prime cu randamente foarte ridicate.

Utilizarea gazogenelor pentru producerea metanolului este legată de necesitatea asigurării unor presiuni ridicate ale gazelor şi aprovizionarea cu oxigen. Datele din literatura de specialitate arată că o instalaţie folosind un gazogen cu insuflare de oxigen, cu capacitate de prelucrare de 60 t/zi, a reuşit să atingă o producţie de metanol de 1 t la fiecare 2 t de lemn uscat.

Producerea gazelor cu valoare energetică joasă, în gazogene, poate fi luată în considerare şi pentru generatoare combinate de căldură şi putere, la o scară mică (0,1—20,0 MW), a căror eficienţă poate atinge 1,24 kg lemn uscat la aer/kilowatoră. În S.U.A. se folosesc gazogene în care se gazeifică ciocălăi de porumb, pentru producerea căldurii necesare uscării cerealelor.

Lichefierea directă se utilizează pentru conversia biomasei în biocarburanţi lichizi prin hidrogenarea catalitică a lemnului. Se obţine un amestec de lichide utilizabil drept carburant sau ca materie primă pentru chimizare. Lichefierea directă se poate aplica pentru deşeurile umede celulozice sau lignocelulozice prin carboxiliză. Oxidul de carbon şi vaporii sînt utilizaţi pentru hidrogenarea biomasei în prezenţa unui catalizator (carbonatul de sodiu), obţinîndu-se uleiuri sau gaze cu conţinut ridicat de metan. Eficienţa maximă este de 50 %.

În ceea ce priveşte descompunerea anaerobă, aceasta poate fi aplicată oricărei biomase umede (85—95 %), deşi ea a fost studiată în special pe dejecţiile animale. Tehnica este eficientă, ducînd la scăderea necesarului de oxigen biochimic şi chimic, a mirosului, a patogenilor. În final rămîne un nămol cu valoare deosebită ca îngrăşămînt organic pentru plante. Prin acest procedeu se obţine „biogazul" în amestec cu dioxid de carbon şi metan, de obicei în proporţie 30 % CO_2, 70 % CH_4. Valoarea energetică este de circa 25 MJ/m³.

Eficienţa producerii gazului depinde de tipul biomasei : dejecţiile porcine — 65 % din capacitatea globală calorifică (sub formă de gaz), masa verde ierboasă — 60 %, dejecţiile bovine — 33 %.

În funcţie de tipul microorganismelor folosite se poate realiza descompunerea anaerobă a biomasei, fie la temperaturi joase (15°C), aşanumita descompunere criofilă, fie la temperaturi medii (35°—45°C) descompunere mesofilă, sau la temperaturi ridicate (45°—70°C) descompunere termofilă.

Fermentatoarele folosite sînt în general de contact , cu agitare permanentă. Se află însă în studiu şi alte tipuri de fermentatoare, urmărindu-se, în special, reducerea timpului de menţinere a dejecţiilor în fermentatoare, reducerea consumului de energie pentru agitare, creşte-

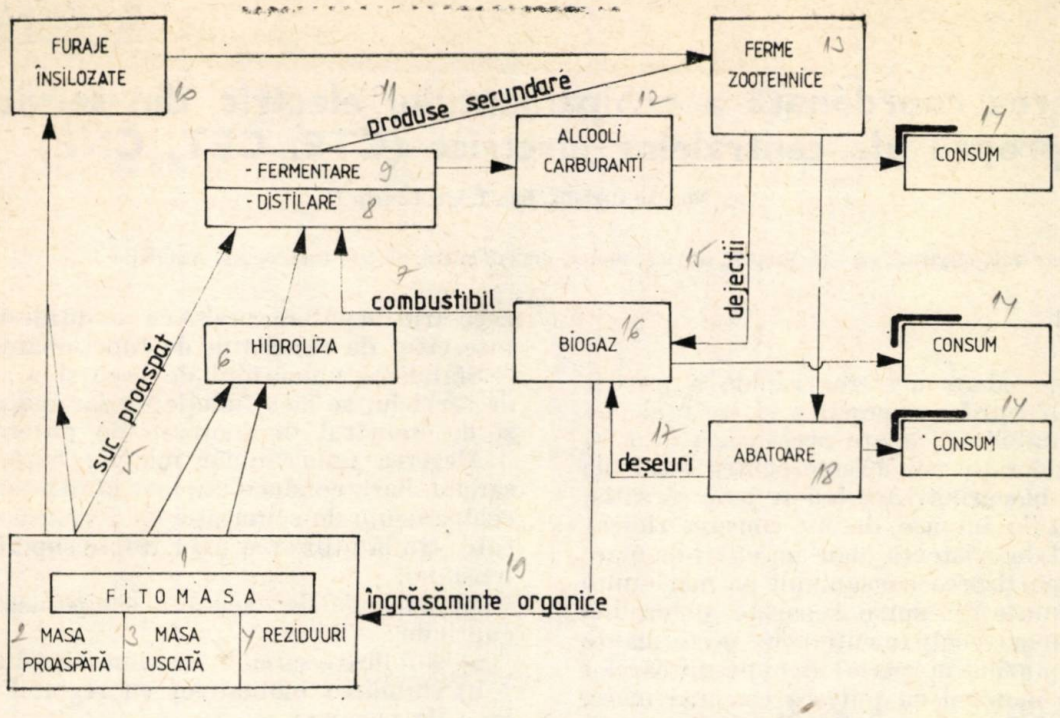


Fig. 4. Schema complexă de producere și valorificare a fitomasei energetice.

rea gradului de încărcare și a sortimentului de biomasă utilizabilă.

Acest procedeu de descompunere anaerobă se folosește pe scară largă și în obținerea biogazului din gropile de gunoi. În Anglia gropile existente la fabrica de cărămizi LONDON BRICK sînt umplute cu reziduuri menajere din Londra în vederea valorificării lor ca sursă de biogaz și redării terenurilor respective pentru agicultură. Această întreprindere a fost prima din Anglia care a organizat extragerea biogazului în scopuri utilitare, pe care îl folosește în prezent pentru procesul de ardere a cărămizilor. El poate fi însă utilizat și pentru producerea electricității sau pentru alte scopuri industriale. Socotind că fiecare tonă de gunoi poate produce 100—400 m³ de gaz, se înțelege de ce în Anglia se consideră că s-ar putea economisi, numai pe această cale, echivalentul a 5 milioane de tone de cărbuni anual.

Ținînd seama că gunoaiele reprezintă, în mod surprinzător, o resursă accesibilă în continuu în cantități din ce în ce mai mari, considerăm că merită să li se acorde atenția cuvenită, deoarece în condiții corespunzătoare pot aduce beneficii importante. Totodată, menționăm că ele ridică în prezent mari probleme legate de scoaterea unor terenuri din uz, poluarea mediului și altele.

Vorbind despre biomasă și în special despre fitomasă, trebuie să ținem însă seama de gradul foarte mare de diluție energetică al acesteia. Una dintre cele mai grele probleme o constituie colectarea (recoltarea), transportul, prelucrarea primară și, eventual, păstrarea (înmagazinarea) fitomasei înainte de conversia ei în combustibili. Din această cauză luăm în considerare în prezent posibilitatea reducerii, la maximum posibil, a consumului de energie necesitat de toate aceste operații.

Pe această linie se studiază condițiile care ar putea asigura valorificarea energetică a fitomasei în apropierea locului de producere a ei. Una dintre variantele posibile, prezentată schematic în figura 4, se referă la organizarea la nivel de unitate de producție agricolă a unui complex de producere și conversie energetică a fitomasei.

În cadrul unui asemenea sistem energetic integrat, prin utilizarea și a altor surse reînnoibile de energie (eoliană, hidraulică, solară etc.) s-ar putea asigura o valorificare mai bună a biomasei și pe această cale și independența energetică a agriculturii și a zonelor rurale în general.

Bibliografie

[1] Carruthers, S. P. și Jones, M. R. *Biofuel production strategies for U.K. agriculture.* Centre for Agricultural Strateg, University of Reading, U.K., 1983.

[2] Doniță, N. și Ivan, D. *Producția primară a vegetației terestre din R. S. România.* In: Probleme moderne de ecologie. Ed. științifică și enciclopedică, București, 1982, p. 294—305.

[3] * * * *Combustibil de la ferme* (*Fuel from farms*). Ghid pentru producția de etanol la scară mică, editat de U. S. Departament of Energy, 1980.

[4] * * * *Energy cropping versus agricultural production,* XVI FAO Regional Conference for Latin America, FAO, LARC/80/8, 1980.

(Primit la 18 aprilie 1985, acceptat la 17 mai 1985)

Alegerea coordonată a echipamentului electric din serviciile proprii ale centralelor electrice (CTE, CET, CNE)

Ing. Nicolae Oprișiu, ing. Liviu Canciu *

Descriptori : centrală electrică, servicii proprii, sarcină, motor, dimensionare, alegere coordonată, instalație

Generalități

Avînd în vedere creșterea rapidă a puterii unitare a blocurilor energetice și cerințele de creștere a fiabilității apare necesitatea de a se lua în considerație noi scheme pentru serviciile proprii ale blocurilor. Acestea trebuie să satisfacă condițiile impuse de un consum ridicat și în special de existența unor acționări de mare putere. Repartizarea consumului pe mai multe bare alimentate din surse separate determină alegerea unor echipamente cu performanțe diferite, depinzînd în special de numărul barelor alese și de motorul cu puterea cea mai mare. Din punctul de vedere al fiabilității, împrăștierea consumului pe un număr mare de bare independente (alimentate din transformatoare de lucru separate) nu este recomandabilă. Dar dacă solicitările de consum sînt mari, în special la grupurile de mare putere, va trebui să se folosească aparataj electric de conexiuni cu un regim nominal de întrerupere ridicat, ceea ce necesită de multe ori creșterea nivelului tensiunii nominale.

Pentru centralele cu grupuri mici și mijlocii, care necesită o putere scăzută pentru alimentarea serviciilor proprii este suficient ca schema electrică să fie alimentată printr-un singur transformator, deci o singură bară, care poate fi împărțită în două secții.

Pe măsură ce solicitările de consum cresc, alegerea coordonată a elementelor schemelor necesită un efort sporit. Schemele serviciilor proprii trebuie să fie sau subîmpărțite în bare colectoare suplimentare, alimentate din transformatoare de lucru separate, sau trebuie să se folosească aparataj electric de conexiuni cu regim nominal de întrerupere ridicat. Al treilea mod de abordare îl prezintă combinarea celor două, prin utilizarea sistemelor de tensiuni duble, de exemplu : 13,8 kV cu 4,16 kV ; 6,3 kV cu 4,16 kV ; 10 kV cu 6 kV ; 13,8 kV cu 6,3 kV.

În această variantă motoarele de putere mare se racordează la tensiunea mai mare.

1. Criterii de alegere coordonată a echipamentelor

La baza alegerii coordonate a echipamentului din serviciile proprii ale centralelor stau criteriile de proiectare a schemei funcție atît de necesarul de putere corelat cu condițiile de fiabilitate, cît și de restricțiile de funcționare impuse.

Stabilirea numărului de bare și a tensiunii de serviciu, se face funcție de sarcina necesară și de numărul de motoare de putere mare.

Alegerea unui număr mic de bare, pentru sarcini mari, conduce implicit la utilizarea unor echipamente de comutație cu performanțe ridicate, sau la utilizarea unor trepte superioare ale tensiunii.

Metodologia de alegere a echipamentelor va cuprinde :

a) stabilirea sarcinii maxime simultane ;

b) stabilirea motoarelor cu regimul cel mai greu de pornire ;

c) stabilirea numărului de bare independente și repartizarea consumatorilor după condiții funcționale și de fiabilitate ;

d) restricții funcționale impuse schemei.

Din categoria restricțiilor funcționale, de care se va ține seama în calculul de dimensionare, fac parte :

— Nivelul de tensiune la pornirea celui mai mare motor nu trebuie să scadă sub 0,8 U_n. Valoarea determinată trebuie să asigure cuplul de accelerare a motorului, să nu conducă la încetinirea excesivă a motoarelor în funcțiune și să nu ducă la desprinderea contactoarelor din circuitele de comandă, ale acționărilor pe partea de joasă tensiune.

— Limitele tensiunii de funcționare a motoarelor asincrone vor fi minimum 0,85 U_n și maximum 1,10 U_n.

Valoarea maximă se utilizează la stabilirea raportului numărului de spire ale transformatorului de alimentare, pentru condiția de mers în gol în cazuri limită. Valoarea minimă poate fi utilizată ca limită pentru reglarea tensiunii la plină sarcină.

— Variația de tensiune la sursă se fixează considerînd abaterea admisă a tensiunii generatorului de $\pm$ 5 %.

— Toleranța maximă admisă a impedanței transformatorului se consideră $\pm$ 10 %.

— Respectarea limitelor de funcționare a aparatajului de comutație, a performanței acestuia referitoare la tensiunea maximă de serviciu, curentul nominal, curentul limită termic, curentul dinamic și puterea de rupere la tensiunea de serviciu.

* Ing. Nicolae Oprișiu, ing. Liviu Canciu — cercetători științifici principali — ICEMENERG-București.

Luarea în considerație a sarcinii barei, regimul de pornire al celui mai mare motor, regimul nominal al aparatajului de conexiuni și restricțiile funcționale enumerate mai sus, permit trasarea curbelor tipice de capabilitate a unei bare-modul prezentate în figura 1. Acestea indică domeniul de alegere a echipamentului de comutație și implicit a tensiunii barei. Ele pot servi drept ghid în proiectarea schemei, la alegerea unui aranjament inițial, la stabilirea variantelor posibile din punct de vedere tehnic.

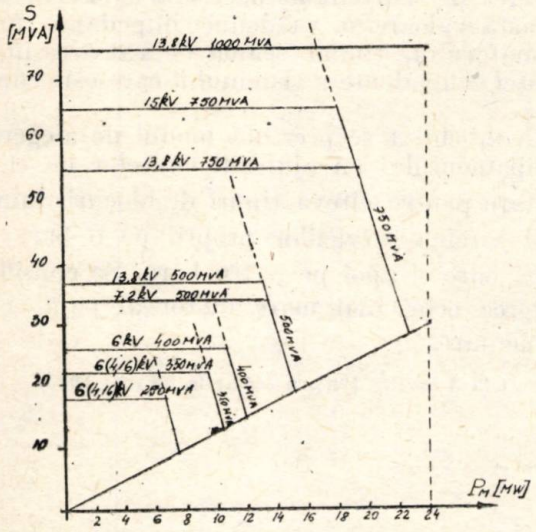


Fig. 1. Curbele tipice de capabilitate pentru o bară.

Funcție de împărțirea sarcinii pe mai multe bare-modul, se pot stabili mai multe soluții viabile în alegerea valorilor nominale ale aparatajului. Adjudecarea acestora se face funcție de calculul economic.

Impedanța transformatorului care alimentează bara se determină din curbele caracteristice ale puterii de scurtcircuit necesare, calculată funcție de sarcina barei și de regimul de pornire al celui mai mare motor (fig. 2).

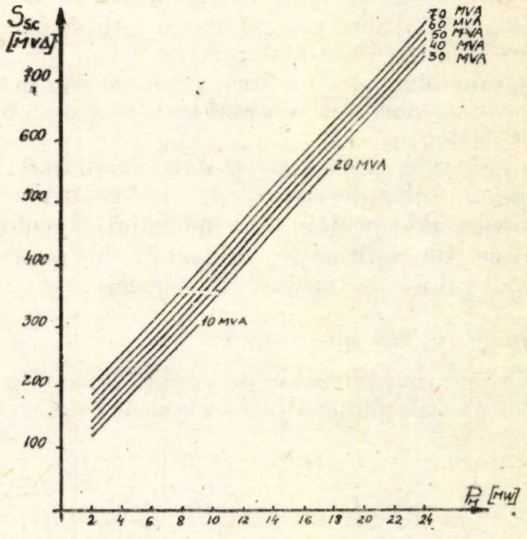


Fig. 2. Curbele caracteristice ale puterii de scurtcircuit necesare.

Tabelul 1

Bloc	Puterea celui mai mare motor [MW]	Sarcina în funcțiune pe bară [MVA] — Echipament necesar (U) — [MVA]		
		Cu o bară	Cu două bare	Cu patru bare
60 MW	4	12,8 / 6 kV — 250 MVA	6,4 / 6kV—250 MVA 4,16 kV—250 MAV	—
200 MW	4,25	22 / 6kV — 400 MVA	11 / 6kV — 250 MVA	—
330 MW	7,2	33 / 6 kV — 400 MVA	17,5 / 6kV — 400 MVA	—
705 MW (CNE)	7,1	66 / 13,8 kV—1000 MVA	33 / 13,8 kV—500 MVA 7,2 kV — 500 MVA	16,5 / 6 kV — 400 MVA 4,16 kV — 350 MVA
1600 MVA (CNE)	10	90 / —	45 / 13,8 kV — 750 MVA	22,5 / 7,2 kV — 500 MVA 7,2 kV — 400 MVA

Curbele tipice de capabilitate a unei bare-modul și curbele pentru determinarea impedanței transformatorului au fost calculate pentru următoarele condiții :

— bara-modul este o bară independentă, alimentată dintr-un transformator cu două înfășurări. Aceasta include : transformatorul, bara, aparatajul de comutație de medie tensiune, sarcina barei, inclusiv motorul cu pornirea cea mai grea ;

— domeniul sarcinii barei variază de la 10—90 MVA, ales pentru gama grupurilor cu puteri pînă la 1300 MW ;

— domeniul ales pentru puterea motorului asincron cu pornirea cea mai grea este de 2 MW — 24 MW ;

— palierele, reprezentînd datele nominale ale echipamentului de comutație au fost luate din literatura de specialitate, incluzînd și echipamentele de fabricație indigenă, utilizate la diverse valori ale tensiunii de serviciu.

Modul de utilizare a curbelor

În diagrama curbelor de capabilitate (fig. 1) se marchează punctul avînd abscisa corespunzătoare puterii celui mai mare motor de pe bară P_M (MW) și ordonata corespunzătoare puterii totale consumată pe bară S (MVA). Aparatajul de comutație se va alege astfel încît curba de capabilitate corespunzătoare acestuia să fie deasupra punctului marcat. În diagrama curbelor caracteristice ale puterii de scurtcircuit necesare (fig. 2) se marchează punctul avînd abscisa corespunzătoare puterii celui mai mare motor de pe bară $P_m(MW)$ pe curba sarcinii (10 MVA—70 MVA), rezultînd pe ordonată puterea de scurtcircuit necesară s_c(MVA). Din această valoare se va deduce impedanța transformatorului, ținînd seama de valoarea impedanței echivalente a sistemului care este cunoscută.

În tabelul 1 se prezintă modul de alegere a echipamentului cu ajutorul curbelor de capabilitate pentru cîteva tipuri de blocuri, împărțind sarcina serviciilor proprii pe o bară, pe două bare și apoi pe patru bare. Se consideră puterea celui mai mare motor al pompei de alimentare.

(Primit la 3 aprilie 1985, acceptat la 25 mai 1985)

Concepția de proiectare a elementelor componente ale LEA de înaltă tensiune ținînd cont de experiența lucrului sub tensiune în R. S. România

Ing. Constantin Munteanu, ing. Mihai Mocanu, ing. Ion Diaconu *

Descriptori : linii electrice de înaltă tensiune, lucru sub tensiune

The Design Concept of High Voltage OHELs Components Considering the Live Line Work Experience in Romania

(Condensed from the paper in Romanian)

The extension of live line work in the electrical networks of Romania has outlined the impossibility or difficulties to apply live line work in Roumania by "under potential" methods at some high voltage OHELs in operation. This situation is due mainly to the dimensions of OHEL's posts, i.e. to the fact that the vertical inter-phase distances do not provide the maintaining of the minimal close-up distance to the live parts for workers working at the live line.

Since 1977 the design work for new 110—400 kV OHELs posts have been started, which should not prevent from working under the live line in conditions of perfect "security" according to the method "under potential".

The design work for the OHELs' metal posts has taken into account the fact that the personnel is working at the live line sitting on chairs or standing on electroinsulating ladders.

Considering these requirements the minimal distances between the posts' elements and the 110—400 kV OHEL conductors have been set up.

The design part as such has been materialized by execution designs for a series of support posts for a double circuit 110 kV OHEL and for a simple and double circuit 400 kV OHEL. There have also been carried out revision designs for the older 110 kV and 220 kV simple and double circuit OHELs and for the multiple circuit OHELs (4×110 kV and 2×110 kV + + 2×220 kV).

* Ing. Constantin Munteanu — cercetător științific principal la ICEMENERG, ing. Mihai Mocanu — proiectant la ISPE, ing. Ion Diaconu — Energoconstrucția.

Introducere

Pe plan mondial, tehnologiile de lucru sub tensiune (LST), aplicate în practică la lucrările de exploatare și de întreținere pe LEA de înaltă tensiune, respectiv de 110—400 kV, sînt bazate, în principal, pe metoda de lucru „la potențial"; numai la o mică parte de LEA de 110 kV se aplică tehnologii de LST bazate pe metoda de lucru „la distanță".

În acest context, noile LEA de 110—400 kV sînt adaptate pentru a facilita aplicarea tehnologiilor de LST după metoda „la potențial", ținîndu-se seama de dotarea echipelor specializate cu scule și dispozitive de lucru pentru efectuarea de lucrări pe LEA sub tensiune.

1. Metoda de lucru sub tensiune „la potențial" pe LEA de 110—400 kV

În cazul lucrului „la potențial" lucrătorul se pune la același potențial cu elementele conductoare ale LEA pe care se lucrează; el se menține în afara zonelor interzise, în raport cu elementele conductoare aflate la un potențial diferit de al său.

Aplicarea tehnologiilor de LST, este reglementată prin „Regulamentul pentru executarea lucrărilor sub tensiune la LEA de 110—400 kV" [1], elaborat de Institutul de Cercetări și Modernizări Energetice în anul 1979.

Conform regulamentului de LST zonele interzise pentru un lucrător sînt formate din ansamblul punctelor situate la o distanță inferioară distanței minime de apropiere „D" față de elementele conductoare care se află la un potențial diferit de al său.

Distanța minimă de apropiere „D" a unui lucrător față de un element conductor (conductor, clemă, armături etc.) al cărui potențial este diferit de cel al lucrătorului, este suma următoarelor distanțe:

— distanța funcție de tensiune „t";

— distanța de siguranță „d".

Distanța funcție de tensiune „t", care asigură izolația în aer, este dată de relația: $t = 0{,}5\ U_n$, în care:

— t este distanța funcție de tensiune [cm];

— U_n este valoarea nominală a tensiunii [kV].

Pentru valorile nominale de 110—400 kV, rezultă valorile distanței funcție de tensiune:

U_n [kV]	t [cm]
110	60
220	110
400	200

Distanța de siguranță „d" are scopul de a elibera pe lucrător de grija permanentă a respectării stricte a distanței funcție de tensiune „t" și de a-i permite astfel să se concentreze asupra lucrării de executat. Această distanță „d" are valoarea de 50 cm pentru toate instalațiile de 110—400 kV. Ea poate fi redusă în cazul utilizării unor mijloace de protecție izolante, prin care se pot limita gesturile (mișcările) involuntare ale lucrătorului.

În aceste condiții, pentru valorile nominale de 110—400 kV rezultă valorile distanței minime de apropiere „D":

U_n [kV]	D [cm]
110	110
220	160
400	250

Față de conductoarele de protecție ale LEA de 110—400 kV, izolate pe stîlpi, distanța minimă de apropiere „D" este de 50 cm.

2. Tehnologii de lucru sub tensiune

Pînă în prezent, în R.S.R. se efectuează lucrări sub tensiune numai pe stîlpii de susținere și pe conductoarele LEA de 110—400 kV, urmînd ca după anul 1985 să se aibă în vedere și lucrări pe stîlpii de întindere și speciali ai acestora.

Principalele lucrări de exploatare și de întreținere pe LEA, care se execută sub tensiune sînt:

— înlocuirea lanțurilor de izolatoare defecte sau a unor elemente defecte din lanțuri (izolatoare, cleme, armături de protecție etc.);

— repararea, eventual înlocuirea, distanțoarelor, antivibratoarelor;

— repararea conductoarelor prin matisarea firelor rupte (dacă aceasta nu afectează siguranța în funcționare a liniei);

— măsurarea săgeții conductoarelor LEA;

— îndepărtarea corpurilor străine de pe izolatoarele sau conductoarele LEA;

— pregătirea stîlpilor metalici pentru vopsirea sub tensiune.

Cadrul organizatoric al aplicării tehnologiilor de LST este asigurat prin instrucțiuni tehnologice de LST întocmite pentru fiecare tip de LEA pe care se lucrează. Instrucțiunile au în vedere particularități specifice ale LEA pe care se lucrează, dotarea cu scule, dispozitive, echipament și materiale a echipei de LST.

Primele tehnologii de LST după metoda „la potențial" s-au aplicat în R.S.R. în anul 1980 pe LEA de 400 kV cu stîlpi de susținere de tip portal (de forma II), folosindu-se tehnologii, scule și dispozitive importate în baza colaborării tehnico-științifice dintre R.S.R. și R.D.G.

Deoarece în trecut nu a existat o concepție unitară în construcția LEA, construcția stîlpilor acestora s-a făcut, în general, ținîndu-se seama de condițiile locale (de teren și de materialele avute la dispoziție). În timp, a rezultat o multitudine de tipuri constructive de stîlpi pentru LEA de înaltă tensiune.

În ceea ce privește folosirea tehnologiilor de LST la LEA existente, echipate cu alte tipuri de stîlpi, în afară de stîlpii portal cu lanțuri de susținere, s-a constatat că de multe ori nu este posibil lucrul după metoda „la potențial" cu sculele și dispozitivele importate din R.D.G. decît la fazele inferioare ale LEA de 400 kV. Această situație se datorește faptului că distanțele pe verticală, între faze, nu asigură păstrarea distanței minime de apropiere de părțile conductoare pentru lucrătorii care intervin asupra părților sub tensiune.

Analiza efectuată a scos în evidență folosirea predominantă a următoarelor tipuri de coronamente de stîlpi de susținere în țara noastră:

— „triunghi" la LEA de 110 kV simplu circuit;

— „pisică" la LEA de 220 kV simplu circuit;

— „portal" la LEA de 400 kV simplu circuit;

— „hexagon" la LEA de 110, 220 și 400 kV dublu circuit.

În concluzie, se poate afirma că la coronamentele actuale de stîlpi (în afara stîlpilor de beton) se poate lucra sub tensiune prin metoda „la potențial" la toate fazele la coronamentul stîlpilor de susținere de tip „portal" și numai la o parte din fazele stîlpilor cu coronament de tip „triunghi" și „hexagon". Prin aceeași metodă se poate lucra și la coronamentul tip „pisică" la fazele extreme.

Coronamentele actuale, așa cum s-a menționat, nu permit LST după metoda „la potențial" pentru celelalte faze, nefiind asigurată distanța minimă de apropiere pentru lucrători.

În vederea măririi gamei de lucrări de exploatare și de întreținere pe LEA de înaltă tensiune s-au proiectat și realizat în concepție proprie R.S.R. o serie de scule și dispozitive de LST după metoda „la potențial", care completează setul de scule și dispozitive importate din R.D.G.

În cadrul acțiunii de extindere a LST pe LEA de 110—400 kV s-a avut în vedere, ca sarcină majoră pentru viitor, adaptarea noilor LEA de 110—400 kV pentru LST după metoda „la potențial".

3. Adaptarea noilor LEA de 110—400 kV pentru LST după metoda „la potențial"

Aplicarea metodei de lucru „la potențial" pe LEA este condiționată de posibilitatea accesului (deplasării) lucrătorilor pe stîlpii LEA în spațiul dintre două faze vecine sau între stîlp și o fază în deplină securitate, păstrînd distanța minimă de apropiere, conform reglementărilor prezentate la pct. 1 [1].

În consecință, încă din 1977 s-a trecut la proiectarea unor stîlpi pentru noile LEA de 110—400 kV, care să permită LST în condiții de perfectă securitate după metoda „la potențial" [2].

Proiectarea coronamentelor stîlpilor metalici s-a făcut ținînd seama de modul în care evoluează lucrătorii pe stîlpi în timp ce execută lucrări sub tensiune, fiind plasați pe scaune sau scări izolante. Atît în poziția de plecare (fig. 1),

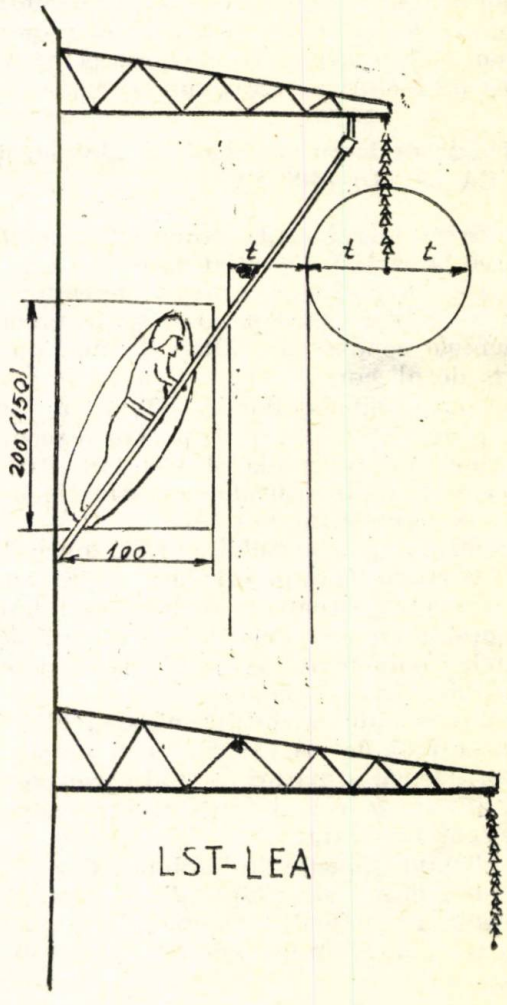
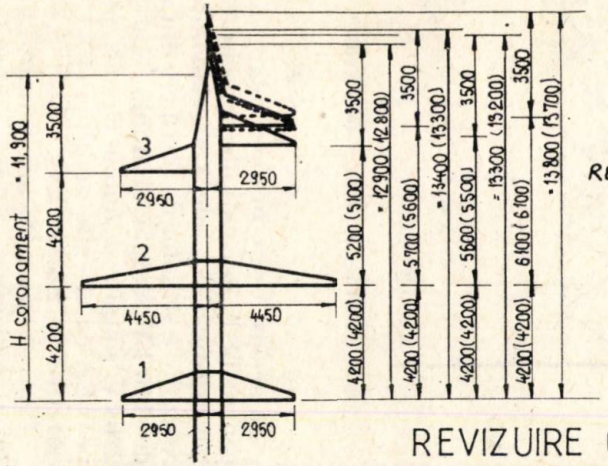


Fig. 1. Poziția de plecare.

cît și în poziția de lucru (fig. 3) trebuie asigurată o distanță între lucrător și elementele care se găsesc la potențiale diferite de al lucrătorului, mai mare sau cel puțin egală cu distanța minimă de apropiere „D" [1]. De aceea, pe timpul deplasării către punctul de lucru (fig. 3), zona de evoluție a lucrătorului, aflat la un potențial flotant, nu trebuie să intersecteze simultan două zone de potențiale diferite, extinse în spațiu pînă la distanța minimă de tensiune „t" față de elementele LEA aflate la potențiale diferite.



DISTANTELE PENTRU ECHIPARE CU LANTURI CU IZOLATOARE PSG 12 A SINT IN PARANTEZĂ

Tabelul 1

DISTANTE (m) / ECHIPAMENT	$H_{C1\,C2}$ PS 6	$H_{C1\,C2}$ PSG	$H_{C2\,C3}$ PS 6	$H_{C2\,C3}$ PSG	HV	$L_{C1=C3}$	L_{C2}	H CORONAMENT ACT	H CORONAMENT REVIZUIT PS	H CORONAMENT REVIZUIT PS 6
LANT SIMPLU CU SCAUNEL	4,2	4,2	5,2	5,1	3,5	2,95	4,45	11,9	12,9	12,8
LANT DUBLU CU SCAUNEL	4,2	4,2	5,6	5,5	3.5	2,95	4,45	11,9	13,3	13,2
LANT SIMPLU CU SCARA	4,2	4,2	5,7	5,6	3,5	2,95	4,45	11,9	13,4	13,3
LANT DUBLU CU SCARA	4,2	4,2	6,1	6,0	3,5	2,95	4,45	11,9	13,8	13,7

VARIANTA OPTIMĂ ESTE ÎNCADRATĂ

REVIZUIRE CORONAMENT STILP Sn 110 kV DUBLU CIRCUIT

DISTANȚE MINIME PE VERTICALĂ CE TREBUIE ASIGURATE PENTRU A SE LUCRA SUB TENSIUNE PRIN METODA „LA POTENȚIAL"

DISTANȚA (cm) / TENSIUNEA (KV)			110				220				400			
POZIȚIA LINIARULUI			LA PLECARE		IN POZ LUCRU		LA PLECARE		IN POZ LUCRU		LA PLECARE		IN POZ LUCRU	
TIPUL IZOLATORULUI DIN LANȚ			PS 6	PSG12	PS 6	PSG 12	PS 16	PSG 12	PS 16	PSG12	PS 16	PSG12	PS 16	PSG 12
LANȚ DE IZOLARE SIMPLU	PROCEDEU DE LUCRU	CU SCĂUNEL	395	385	445	435	560	540	610	590	835	790	885	840
		CU SCARA	445	435	495	485	610	590	660	640	885	840	935	890
LANȚ DE IZOLARE DUBLU		CU SCĂUNEL	435	425	485	475	600	575	650	625	860	815	910	865
		CU SCARA	485	475	535	525	650	625	700	675	910	865	960	915

Avînd în vedere această situaţie s-au stabilit distanţele minime între elementele stîlpului şi conductoare pentru LEA de 110—400 kV, conform tabelului 1 [2].

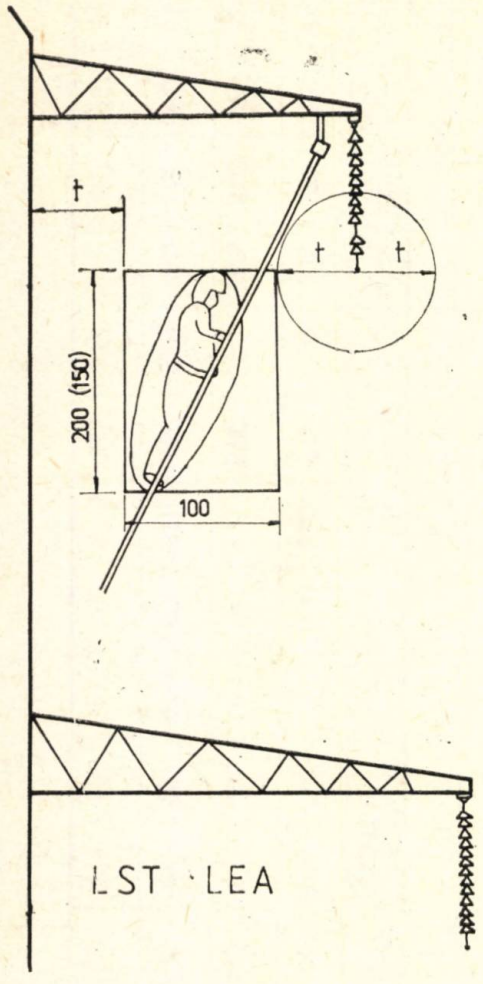


Fig. 2. Poziţia intermediară.

Valorile minime din tabel rezultă din următoarele considerente :

— se consideră că zona de delimitare a gabaritului lucrătorului în timpul deplasării către punctul de lucru, precum şi în poziţia de lucru poate fi înscrisă într-un cilindru cu diametrul de 100 cm şi înălţimea de 200 cm, în cazul folosirii scării electroizolante, şi de 150 cm, în cazul folosirii scaunului electroizolant ;

— în poziţia de lucru distanţa minimă de apropiere faţă de consola de care este suspendat conductorul nu poate fi mai mică decît lungimea lanţului de izolatoare ;

— distanţa pe orizontală între conductoare şi elementele de construcţie ale stîlpului (pentru a permite LST) rezultă din condiţia ca ea să fie cel puţin egală sau mai mare decît $2\,t + 100$ [cm], t fiind distanţa funcţie de tensiune [1] ;

— distanţa pe verticală dintre conductoare şi elementele de construcţie ale stîlpului, aflate dedesubt, rezultă din condiţia ca ea să fie cel puţin egală sau mai mare decît $D + 200$ (150) [cm].

În ceea ce priveşte partea efectivă de proiectare, aceasta s-a concretizat prin elaborarea de proiecte de execuţie pentru o serie de stîlpi de susţinere pentru LEA de 110 kV dublu circuit şi pentru LEA de 400 kV simplu şi dublu circuit, avînd în vedere că în viitor în R.S.R. se prevăd a fi dezvoltate aceste tipuri de LEA.

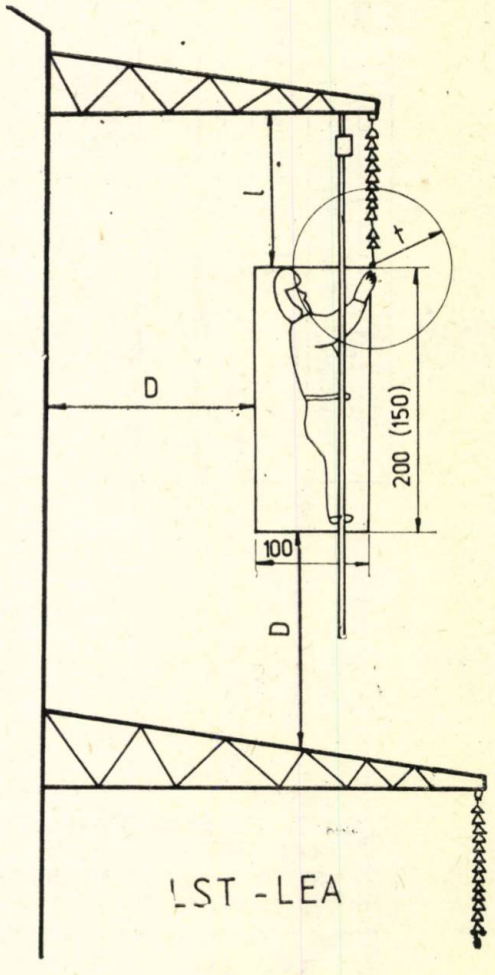


Fig. 3. Poziţia de lucru.

În acelaşi timp, în ideea adaptării unor LEA pentru LST, în condiţiile opririi de durată pentru reparaţii capitale, s-au elaborat proiecte de revizuire a stîlpilor de susţinere din vechile LEA de 110 kV simplu şi dublu circuit, LEA de 220 kV simplu şi dublu circuit, precum şi de pe LEA cu circuite multiple (4×110 kV şi 2×110 kV $+ 2 \times 220$ kV).

Pentru exemplificare se prezintă în tabelul 1 revizuirea coronamentului unui stîlp de tip Sn pentru LEA de 110 kV dublu circuit adaptat pentru LST.

Concluzii

Tehnologiile de LST care se aplică în practică pe plan mondial pe LEA de 110—400 kV se bazează pe metoda „la potențial".

În R.S.R. tehnologiile de LST se aplică numai pe stîlpii de susținere ai LEA de 110—400 kV.

Noile LEA de 110 — 400 kV din R.S.R. sînt adaptate pentru aplicarea tehnologiilor de LST după metoda „la potențial".

S-au elaborat proiecte de execuție pentru o serie de stîlpi de susținere pentru noile LEA de 110 kV dublu circuit și pentru LEA de 400 kV simplu și dublu circuit.

Bibliografie

[1] * * * MEE. *Regulament pentru executarea lucrărilor sub tensiune pe LEA de 110—400 kV*, PE 141/79.

[2] *Munteanu, C., Drăghicescu, C. Tehnologhiia raboti pod napriajeniem na elektriceskih seliah visokogo napriajeniia v SRR.* In : Sbornik dokladi ELENERGO 83 — vol. I, Varna, 1983, p. 342—352.

(Primit la 5 martie 1984, acceptat la 21 ianuarie 1985)

Creșterea siguranței în funcționarea cablurilor electrice prin încercări de fiabilitate

Dr. ing. Balázs Máthé, conf. dr. ing. Valeriu Panaite*

Descriptori : fiabilitate, cabluri electrice, încercări de fiabilitate, eficiența economică

Increase of the Electric Cables Security by Reliability Tests

(Condensed from the paper in Romanian)

The reliability and endurance of electric equipment or of electric transmission and distribution lines is of an utmost importance for the national power system relability. They are characterized by parameters such as :

— failure rate
— failure probability
— life time
— mean time between failures
— availability.

The electric equipment and electric transmission and distribution lines of the national power system suffer early failures, random failures and wearout failures.

The electric equipment and electric transmission and distribution lines reliability is most easily characterized by the Weibull failure probability distribution law in which the shape parameter "b" acquires different values, such as :

$b < 1$ during the early time ;
$b = 1$ during the useful life ;
$b > 1$ during the ageing time.

The reliability indicators evaluation is performed by the statistical operation data processing or by the laboratory tests method (accelerated or laboratory test method). This method is used with the Energy Research and Modernizing Institute — ICEMENERG taking into account such advantages as :

— the easier population survey of the electric equipment or electric transmission and distribution lines sample ;

— the possibility to know exactly the strength level and life time of the electric equipment and of the electric transmission and distribution lines ;

— the possibility to a deeper analysis of occured faults.

The laboratory tests method which uses overloading versus the normal operation conditions is based on the postulate of the equal fault probabilities of the electric equipment or of the electric transmission and distribution lines :

$$F(t_0, E_0, \vartheta_0) = F(t, E, \vartheta), \qquad (12)$$

where :

E_0, ϑ_0 are normal operation voltage and temperature gradient stresses
E — the same electric equipment or electric transmission and distribution lines stresses at accelerated laboratory tests.

In the case of electric transmission and distribution cables, the insulation breakdown plays a main part in determining the faults probability, under operation conditions as well as within accelerated laboratory tests, the reliability can be expressed and investigated by means of the Weibull distribution law :

$$R(t, E) = \exp\left\{-\left(\frac{E}{E'}\right)^{b^*} \cdot \left(\frac{t}{t'}\right)^{a^*} \cdot \frac{L\, r^2}{L'\, r'^2}\right\}, \qquad (15)$$

where

a^*, b^* are characteristic insulation constants ;
L, r, L', r' — the real and reference cable insulation length and external radius ;
E' — the electric field gradient where the breakdown occures with a probability of 0.632 ;
t, t' — the cable life for the rated gradient, the reference gradient respectively.

Equation 15 enables the cables realiability increase testing models and samples of different dimensions, under laboratory conditions.

The disadvantage of this method consists in the necessity to have special test equipment, space, energy sources and highly qualified personnel to participate in the tests which take a very long time.

Nevertheless, the paper presents that the reliability tests can be efficient from an economic point of vie wif the new product resulted from the researches will have a realiability increased by a corresponding percentage. To this purpose there are taken into account the investments revenue time t_r, depending on expenses at the producer (I_p) and at the customer (I_b) caused by adopting a new high reliability solution (e.g. improved reliability cables and

* Dr. ing. Máthé Balázs — cercetător științific principal la ICEMENERG, conf. dr. ing. Valeriu Panaite — I.P. București

accessoires) and the respective annual savings at the producer (E_p) and at the customer (E_b) engendered by the new product. The revenue duration, in years, will be for this case :

$$t_r = \frac{I_p + I_b}{E_p + E_p}. \qquad (3)$$

Evaluating in turn the components of equation (3) and equalling this time with the normed investments revenue time t_n, the economic limit of the reliability increase (for $t_r = t_n$) can be found, which represents the minimal value corresponding to the investments and other expenses occasioned by the reliability increase (e.g. reliability tests expenses). Along with the mathematical demonstrations connected to the evaluation of savings resulted from the reliability increase, the paper presents a numeric calculation example as well.

1. Indicatori de fiabilitate a echipamentului electric

În țările cu industrie dezvoltată, termenul de fiabilitate (reliability, fiabilité, Zuverlässigkeit) se folosește în două sensuri :

— pentru noțiunea capacității potențiale de funcționare a unui echipament sau a unui sistem în vederea îndeplinirii unei funcții în condiții determinate și într-un interval de timp dat ;

— pentru evaluarea probabilității matematice a scoaterii din funcțiune a echipamentului sau sistemului într-un interval de timp dat și în condiții date.

Conform acestor definiții generale, în instalațiile electrice se analizează fiabilitatea și durabilitatea echipamentului electric EE (sau un subansamblu al lui) ale liniei electrice de transport și distribuție LETD (sau un tronson al ei), ale centralelor și stațiilor electrice sau ale sistemului electroenergetic în ansamblu.

Fiabilitatea și durabilitatea EE și LETD din rețelele electrice de transport și distribuție se pot caracteriza prin următorii indicatori :

— *durată de viață măsurată* T (Life time, Lebensdauer) ;

— *probabilitatea de defectare* (Probability of failure, Ausfahlwahrscheinlichkeit) sau funcția de distribuție a căderilor $F(t)$ și densitatea probabilității de defectare $f(t) = \frac{dF(t)}{dt}$;

— *probabilitatea de supraviețuire sau fiabilitatea* (Probability of survival, Überlebenwahrscheinlichkeit), $R(t)$, care, în forma generalizată, se exprimă prin relația :

$$R(t) = 1 - F(t) ; \qquad (1)$$

— *rata căderilor sau defectărilor* (Failure rate, Ausfallrate),

$$\lambda(t) = -\frac{d\ln R(t)}{dt} = \frac{f(t)}{R(t)} \simeq \frac{\Delta N}{N\Delta t} \qquad (2)$$

$$\Delta t \to 0$$

unde :

ΔN este numărul refuzurilor de EE și LETD pentru intervalul de timp Δt, care au loc în practica unor analize (încercări) concrete ;

$N = N(t)$ — numărul EE și LETD de tipul considerat (întreruptoare, separatoare, transformatoare de măsură și de putere, LES și LEA etc.) în funcțiune la momentul t.

Funcția $\lambda(t)$ are, de regulă, aspectul din figura 1.

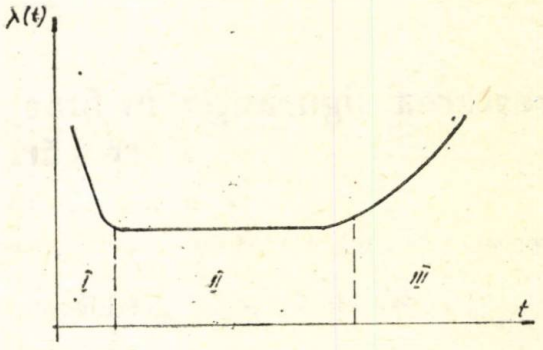


Fig. 1. Variația în timp a ratei de defectare (căderilor) sau a intensității refuzurilor (graficul „căzii de baie").

În cazul EE, unde se are de-a face cu componente discrete, aceste mărimi se evaluează, de regulă, în ore (T), în procente (F și R), în procente pe unitatea de timp (f) sau în h^{-1} (λ).

Variația în funcție de timp a acestui din urmă indicator este hotărîtoare.

De exemplu, dacă la examinarea a 10^4 întreruptoare timp de 10^3 ore s-au observat două căderi (avarii), atunci :

$$\lambda = 2 \cdot 10^{-7} 1/h.$$

La liniile electrice de transport și distribuție, această mărime de bază se raportează la 100 km lungime și ani. Astfel, de exemplu, dacă la o rețea de cabluri de 10^4 km lungime apar 10^2 cazuri de avarie timp de 5 ani, atunci :

$$\lambda = 0{,}2 \frac{1}{100\ \text{km} \cdot \text{an}}.$$

Atît la EE, cît și la LETD, această mărime poate avea și alte dimensiuni în loc de timp, în funcție de factorul care predetermină defectările, ca de exemplu : numărul de conectări/deconectări, numărul de cicluri termice, numărul de scurtcircuite suportate, cînd λ va avea dimensiunile respective : 1/conectări, 1/cicluri, 1/scurtcircuite etc.

Pentru EE și LETD (în special rețelele de cablu) de medie, înaltă și foarte înaltă tensiune, în acest domeniu fiabilitatea este determinată, în primul rînd (circa 75 % din cazuri), de compor-

tarea izolației (străpungeri sau conturnări). Comportarea izolației se caracterizează cel mai bine prin legea lui Weibull :

$$R(t) = \exp\left\{-\left(\frac{t-a}{m}\right)^b\right\}, \qquad (3)$$

unde :

t este durata de funcționare a EE și a LETD, în ore ;

a — parametru de localizare, caracterizînd starea inițială a izolației (pentru un produs nou $a = 0$) ;

m — parametru de scară ;

b — parametru de formă a curbei.

În intervalul I (fig. 1) se produc defectările de rodaj („early failures"), caracterizate prin legea de distribuție Weibull, unde parametrul de formă $b < 1$.

În intervalul II, numit și „intervalul vieții utile", au loc defectări aleatoare („random failures"), iar funcția de fiabilitate se descrie, de regulă, prin relația (funcția de distribuție exponențială) :

$$R(t) = \exp(-\lambda t). \qquad (4)$$

Această zonă se poate caracteriza, de asemenea, prin legea de distribuție Weibull, parametrul de formă b fiind egal cu 1.

În intervalul „bătrîneții" sau al uzurii și îmbătrînirii („wearout failures"), caracterizat prin creșterea rapidă a ratei de defectare (zona III), fiabilitatea se descrie cel mai bine prin distribuția probabilității de defectare după Gauss (sau Weibull cînd $b > 1$) :

$$R(t) = 1 - \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\int_0^t \exp\left\{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right\} dt =$$

$$= \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\int_t^\infty \exp\left\{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}\right\} dt. \qquad (5)$$

Un alt indicator de fiabilitate a EE și LETD reparabile (de exemplu cabluri din rețelele de distribuție) este *media timpului de bună funcționare*, MTBF (Mean Time Between Failures), care, în cazul repartiției exponențiale a deteriorărilor, este egală cu inversul ratei de defectare :

$$\text{MTBF} = \frac{1}{\bar{\lambda}} = \mu, \qquad (6)$$

unde :

$\bar{\lambda} = \frac{m_r}{\tau}$ este valoarea medie a lui λ, egală cu raportul dintre numărul de refuzuri m_r și mărimea intervalului de timp τ în care acestea au avut loc (numărul mediu de refuzuri în unitatea de timp).

Acest parametru probabilistic reflectă mai bine durata medie a EE și LETD decît durata de viață, care are caracter determinist (timpul de la punerea în funcțiune pînă la scoaterea definitivă din uz a EE sau LETD).

În condițiile repartiției tip Weibull a defectărilor (deteriorările izolației, care, în cazul de față, au un rol preponderent), indicatorii MTBF și $\lambda(t)$ se determină prin relațiile următoare :

$$\text{MTBF} = a + m\Gamma\left(\frac{1}{b} + 1\right), \qquad (7)$$

$$\lambda(t) = \frac{b}{m}\left(\frac{t-a}{m}\right)^{b-1}. \qquad (8)$$

În afara celor menționate mai sus, sînt o serie de indicatori legați direct sau indirect de fiabilitatea EE și LETD, ca de exemplu :

— *durata medie a repartiției* MTTR (Mean Time To Repair, MTTR Wert) ;

— *disponibilitatea* A (Availability, Verfügbarkeit) ;

— *intensitatea de restabilire a funcționării* (valoarea reciprocă a MTTR) etc.

2. Metode de evaluare a indicatorilor de fiabilitate

Indicatorii de fiabilitate pot fi determinați prin două metode : prin metoda prognozării pe baza experienței de exploatare (prelucrării statistice a datelor de exploatare de mai mulți ani (ME) ; prin metoda determinării experimentale a fiabilității și durabilității în cadrul încercărilor de tip (ML).

Avantajele principale ale *metodei experimentale* sau *de laborator*, (ML), utilizată de ICEMENERG, sînt :

— urmărirea unitară a întregului eșantion ;

— posibilitatea alegerii și stabilirii cu precizie a nivelului solicitărilor ;

— cunoașterea cu precizie a duratei solicitărilor ;

— analizarea mai eficientă a defectelor.

Ca dezavantaj principal se menționează faptul că aceste încercări necesită instalații de un tip special, spații și surse de energie (vezi tabelul 1).

Încercările se pot efectua la solicitări normale („încercări normale") sau la suprasolicitări („încercări accelerate"), sporind fie intensitatea cîmpului electric E, fie temperatura de funcționare ϑ, fie amîndouă. Probabilitatea defectării cablului supus acestor solicitări este :

$$F(t, E, \vartheta) = 1 - \exp\{-z(t, E, \vartheta)\}, \qquad (9)$$

Tabelul 1

Criteriul de comparaţie	Metoda de laborator (ML)	Metoda de exploatare (ME)
Durata investigaţiei necesare pentru evaluare	— scurtă (săptămîni/luni)	— lungă (ani)
Condiţii de examinare a defectelor (degradărilor) intervenite	— excelente, de laborator	— analiza exactă a cauzelor de defectare îngreunată sau imposibilă
Condiţii de reproducere a defectărilor	— defectările se pot reproduce exact	— ulterior producerii evenimentului este imposibil de reprodus fenomenul de defectare
Populaţia (numărul de mostre) necesară pentru a trage concluzii	— mică — $(10...10^2)$	— mare — $(10^2—10^5)$
Validitatea concluziilor	— solicitări simulate (modelate)	— solicitări reale de exploatare
Cheltuieli antrenate de investigaţia respectivă	— mari — (pentru personalul de laborator şi utilajul de încercare)	— mici — (numai pentru colectarea şi prelucrarea informaţiilor)
Surse de erori	— de modelare a solicitărilor, de măsurare în condiţii de laborator a tensiunilor şi curenţilor	— de aprecierea subiectivă a unui personal de exploatare foarte eterogen, neinteresat în raportarea tuturor cazurilor de defectare

iar fiabilitatea:

$$R(t) = \exp\{-z(t, E, \vartheta)\}, \qquad (10)$$

unde:

$$z = z(t, E, \vartheta) = kt^{\alpha} E^{\beta} \vartheta^{\delta} \qquad (11)$$

reprezintă „funcţia îmbătrînirii" (uzurii), α, β, δ — parametri experimentali şi k — un parametru care ţine seama de dimensiunile cablului.

Încercările accelerate sînt cele care conduc la reducerea considerabilă a duratei de încercare pentru obţinerea unor informaţii semnificative de laborator. Nivelul suprasolicitărilor se alege astfel încît mecanismul defectărilor să fie acelaşi ca la solicitările reale. Problema de bază în cazul suprasolicitărilor este aceea a echivalenţei dintre încercările normale şi cele accelerate. Această problemă se rezolvă pe baza *postulatului probabilităţilor egale*, care poate fi scris astfel:

$$F(t_0, E_0, \vartheta_0) = F(t, E, \vartheta) = Q, \qquad (12)$$

unde $Q = F(t_0, E_0, \vartheta_0)$ reprezintă probabilitatea de defectare la solicitări normale (E_0, ϑ_0) şi $F(t, E, \vartheta)$ probabilitatea de defectare la solicitările E şi ϑ (fig. 2).

Considerînd funcţia îmbătrînirii (11), legătura dintre durata la solicitări normale şi durata la suprasolicitări, conform postulatului probabilităţilor egale, este:

$$t_0 = t\left(\frac{E}{E_0}\right)^{\beta/\alpha} \cdot \left(\frac{\vartheta}{\vartheta_0}\right)^{\delta/\alpha}. \qquad (13)$$

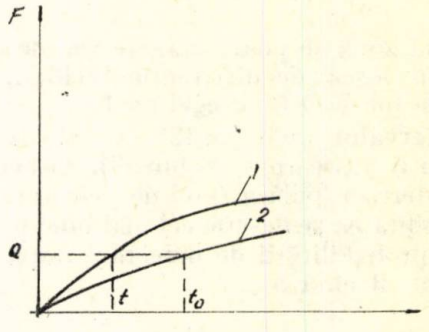


Fig. 2 Variaţia probabilităţii de defectare a EE şi LETD la solicitări crescute de laborator (1) şi la cele normale, de exploatare (2).

Dacă încercările se fac la aceeaşi temperatură de funcţionare:

$$t_0 = t\left(\frac{E}{E_0}\right)^{\beta/\alpha}. \qquad (14)$$

În cazul cablurilor, fiabilitatea caracterizată prin încercări accelerate, executată în regimuri normale de temperatură, se exprimă prin legea de tip Weibull [1, 2]:

$$R(t, E) = \exp\left\{-\left(\frac{E}{E'}\right)^{b^*} \cdot \left(\frac{t}{t'}\right)^{a^*} \cdot \frac{Lr^2}{L'r'^2}\right\} =$$

$$= 1 - F(t, E), \qquad (15)$$

unde :

a^*, b^* sînt constante caracteristice ale izolației ;

L, r, L', r' — lungimea și raza interioară ale izolației cablului real și ale celui de referință ;

E' — gradientul cîmpului electric la care străpungerea are loc cu probabilitatea de 0,632 ;

$F(t, E)$ — probabilitatea străpungerii sau conturnării izolației.

Pentru două tipodimensiuni de cablu avînd lungimile L și L', iar razele interioare ale izolației r și r', se obține aceeași probabilitate de defectare cu aceeași durată de timp pînă la defectare dacă temperaturile de funcționare sînt egale, iar între intensitățile cîmpului electric există relația :

$$E_2 = E_1 \left\{ \frac{L_1 r_1^2}{L_2 r_2^2} \right\}^{1/b^*}. \qquad (16)$$

Această ecuație indică importanța coeficientului b^* și necesitatea de a-l avea cît se poate de mare. Coeficientul este un indicator important al fiabilității, reflectînd gradul de omogenitate și de uniformitate a fabricației cablului. În continuare îl vom denumi *coeficient al gradientului.*

Conform postulatului probabilităților egale :

$$F(t', E') = F(t_1, E_1) = F(t, E), \qquad (17)$$

adică :

$$t'E'^N = t_1 E_1^N = tE^N, \qquad (18)$$

unde :

$$N = \frac{b^*}{a^*} \qquad (19)$$

este *coeficientul duratei de viață* a cablului.

De aici se pot calcula indicatorii experimentali de fiabilitate și durabilitate E', b^* și N.

Nivelul minim al acestor indicatori, care reflectă interesele consumatorilor, se determină din numărul de defecte tolerate la 100 km de cablu într-un an (de exemplu un defect la 1500 km de cablu într-un an). Presupunînd că $F(E', t') = 0{,}632$ și $N = 14$, se poate construi curba din figura 3 [2] privind :

$$\frac{E'}{E_p} = f(b^*), \qquad (20)$$

unde :

E' este gradientul de tensiune la străpungerea izolației mostrei de cablu (valoarea lui de așteptare) ;

E_p — gradientul de tensiune în regimul normal de lucru al cablului.

Punctele care se află deasupra curbei se caracterizează printr-o probabilitate de străpungere mai mică de 63%.

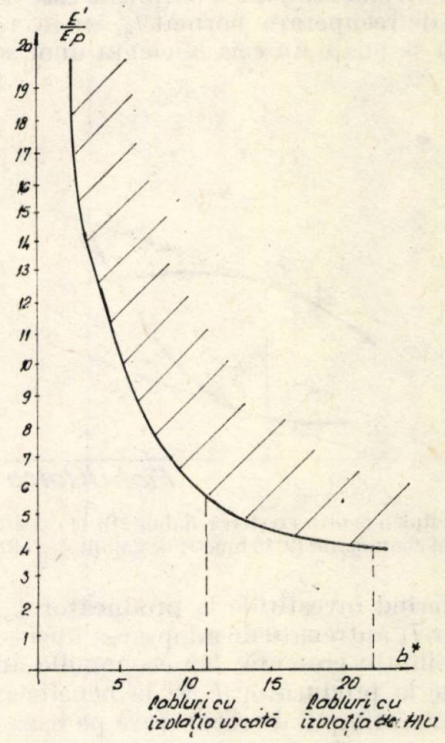


Fig. 3. Diagrama $\frac{E'}{E_p} = f(b^*)$ construită pentru modele experimentale de 15 m lungime și $N = 14$.

La solicitările de impuls indicatorii de fiabilitate se calculează în funcție de amplitudinea și numărul loviturilor de trăsnet (o deteriorare la 30 ani), pe baza încercării mostrelor de lungime mai mică.

Metoda de determinare a acestor parametri și de prelucrare a datelor experimentale practicată în ICEMENERG este expusă în [1, 2].

3. Fundamentarea economică a cercetării fiabilității

Exploatarea cere ca elementele instalațiilor de medie, înaltă sau foarte înaltă tensiune să aibă o fiabilitate cît mai ridicată. Producătorul oferă însă produse cu o fiabilitate corespunzătoare, în cel mai bun caz, nivelului tehnic mediu de calitate, caracteristic întreprinderii executante. Pe de altă parte, o creștere a fiabilității reprezintă și o creștere a costurilor componentelor respective (fig. 4).

Pentru componentele reprezentative ale instalațiilor de înaltă tensiune, cum ar fi echipamentul de comutație, de măsură, transformatoarele, cablurile (inclusiv pentru servicii auxiliare), se poate adopta criteriul economic ca factor de

precizare a fiabilității maxime, economic justificabile.

Este cunoscut că în estimările moderne eficiența economică poate fi urmărită cu ajutorul indicatorului timpului de recuperare t_r a investițiilor. La nivelul economiei naționale este definit un timp de recuperare normat t_n, iar în raport cu acesta se poate aprecia eficiența unor soluții noi.

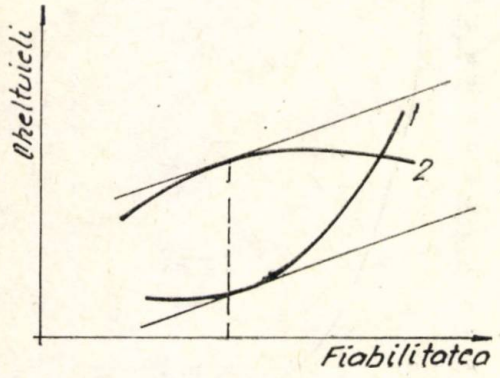


Fig. 4. Cheltuieli pentru creșterea fiabilității (1) și eficiența economică la consumator (2) în funcție de fiabilitatea obținută.

Considerînd investițiile la producător I_p și la beneficiar I_b antrenate de adoptarea unei soluții cu o fiabilitate crescută, iar economiile anuale respective la producător E_p și la beneficiar E_b, se determină timpul de recuperare pe baza relației [4]:

$$t_r = \frac{I_p + I_b}{E_{p\Sigma} + E_{b\Sigma}} \text{(ani)}. \qquad (21)$$

Termenii din această relație pot fi specificați astfel:

a) $$I_p = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5, \qquad (22)$$

unde:

I_1 reprezintă cheltuielile de cercetare-proiectare;
I_2 — costul elaborării documentației tehnice;
I_3 — costul prototipurilor și al încercărilor de omologare;
I_4 — costul SDV-urilor;
I_5 — alte cheltuieli.

b) $$I_b = S_1(V_1 - V_0\gamma_1) = N_0 t_r(V_1 - V_0\gamma_1) \qquad (23)$$

unde:

S_1 este cantitatea achiziționată de beneficiar din noul produs pe intervalul de recuperare;
V_1 — prețul de livrare unitar pentru produsul cu fiabilitate crescută;
V_0 — prețul de livrare al produsului vechi, cu fiabilitate coborîtă;

$$\gamma_1 = \frac{(\text{MTBF})_1}{(\text{MTBF})_0} = \frac{\lambda_0}{\lambda_1} \qquad (24)$$

creșterea relativă a MTBF.

Se consideră că volumul producției este constant (N_0 km/an).

c) Economiile anuale la producător pe durata timpului de recuperare sînt (anexa 1):

$$E_{p\Sigma} = \{[V_1 - C_{1\infty} - (V_0 - C_0)\gamma_1]N_0 - k_1\} \cdot t_r - k_2 N_0 \ln(1 + t_r); \qquad (25)$$

unde:

$c_{1\infty}$ reprezintă costurile producției stabilizate pentru produsul cu fiabilitate crescută;
c_0 — costurile de producție ale produsului cu fiabilitate redusă;
k_1 — cheltuieli anuale constante;
k_2 — cheltuieli reductibile prin efect de serie (tehnologii îmbunătățite, perfecționarea organizării etc.).

d) Economiile la beneficiar pe durata recuperării sînt (anexa 2):

$$E_{b\Sigma} = \frac{1}{2} N_0 e_b t_r^2 = E_b t_r, \qquad (26)$$

unde e_b reprezintă economiile anuale rezultate din diferența cheltuielilor de exploatare folosind produsul cu fiabilitate crescută.

Limita economică a fiabilității crescute se obține pentru timpul de recuperare $t_r = t_n$. În acest caz, din relația (21) se obține ecuația eficienței:

$$E_{p\Sigma} + E_{b\Sigma} - I_p - I_b = 0. \qquad (27)$$

Înlocuind termenii din (27) cu relațiile anterioare, se obține:

$$\gamma_1 = \frac{I_p + k_2 N_0 \ln(1 + t_n) - \frac{1}{2} e_b N_0 t_n^2}{C_0 N_0 t_n} + \frac{k_1}{N_0 C_0} + \frac{C_{1\infty}}{C_0}. \qquad (28)$$

Valoarea γ_1 arată cu cît se poate crește nivelul fiabilității justificat economic și reprezintă valoarea minimă corespunzătoare investițiilor și cheltuielilor antrenate de creșterea fiabilității.

În anexa 3 este dat un exemplu numeric de calcul al factorului γ_1 de reducere a ratei defectărilor.

Concluzii

Creşterea fiabilităţii cablurilor de energie poate fi justificată economic prin considerarea aspectelor economice atît la beneficiar, cît şi la producător.

Eficienţa economică a creşterii fiabilităţii se urmăreşte, în general, prin intermediul timpului de recuperare a cheltuielilor sau prin reducerea ratei defectărilor.

Anexa 1

$$E_{p\Sigma} = \int_0^{t_r} e_p(t)\,dt = \int_0^{t_r} N_0 [v_1 - C_{1\infty} - (V_1 - C_0)\gamma_1]\,dt - k_1 \int_0^{t_r} dt + k_2 \int_0^{t_r} \frac{N_0}{1+t}\,dt.$$

Înlocuind $\int_0^{t_r} \frac{1}{1+t}\,dt = \ln(1+t_r)$

se obţine:

$$E_{p\Sigma} = [V_1 - C_{1\infty} - (V_0 - C_0)\gamma_1]N_0 t_r - k_1 t_r - k_2 N_0 \ln(1+t_r).$$

Grupînd termenii ecuaţiei

$$E_{p\Sigma} = \{[V_1 - C_{1\infty} - (V_0 - C_0)\gamma_1]N_0 - k_1\}t_r - k_2 N_0 \ln(1+t_r).$$

Anexa 2

$$E_{b\Sigma} = \int_0^{t_r} e_b(t_r - t)\,dS_1 = \int_0^{t_r} e_b(t_r - t)N_0 dt = e_b N_0 \int_0^{t_r} (t_r - t)dt = \frac{1}{2} N_0 e_b t_r^2.$$

Anexa 3

Se consideră cablul A2YSY 12/20 kV pentru care o creştere a fiabilităţii poate fi caracterizată de următorii factori:

$I_p = 10^7$ lei — investiţii la producător;
$N_0 = 10^3$ km/an;
$t_n = 10$ ani;
$e_b = 8 \cdot 10^3$ lei/km · an;
$k_1 = 6 \cdot 10^7$ lei/an;
$k_2 = 2 \cdot 10^4$ lei · an/km;
$c_{\infty} = 10^5$ lei/km;
$c_0 = 8 \cdot 10^4$ lei/km.

Înlocuind în (28) se obţine valoarea minimă de reducere a ratei defectărilor, economic justificabilă:

$$\gamma_1 = 1{,}575.$$

Relaţia (23) arată că pentru $\gamma_1 V_0 > V_1$ nu este necesară nici o investiţie la beneficiar, creşterea preţului de livrare al cablurilor fiind compensată de scăderea cheltuielilor de întreţinere.

Bibliografie

[1] Horváth, T., Máthé, B., Németh, E., Stanciu, V. *Încercarea izolaţiei electrice.* Editura tehnică, Bucureşti, 1982.

[2] * * * *Prescrizioni per il collaudo dei cavi a media tensione isolati con EPR.* (Unificazione ENEL), DC 4934, Aprile 1976.

[3] Panaite, V., Munteanu, R. *Control statistic şi fiabilitate.* Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1982.

[4] Stăncioiu, I. *Eficienţa economică a asimilării de utilaje noi.* Editura tehnică, Bucureşti, 1974.

(Primit la 5 octombrie 1983)

Sisteme de conducere de la distanţă a staţiilor electrice de transformare şi conexiuni şi mod de rezolvare a unora din implicaţii

Ing. Gheorghe Ionaşcu*

Descriptori: staţii electrice, sisteme de conducere de la distanţă, exploatare staţii electrice, conducere prin dispecer

Introducere

Este cunoscut că utilizarea microprocesoarelor a revoluţionat tehnica în general. Aplicarea lor în energetică găseşte un cîmp larg de desfăşurare şi bogat în rezultate, fiind continuatorul modern al protecţiilor, automatizărilor şi telemecanizărilor existente în instalaţiile din Sistemul Energetic Naţional (SEN).

Printre aplicaţiile principale ale microprocesoarelor în cadrul SEN se numără realizarea de sisteme şi subsisteme de conducere centralizată a proceselor tehnologice, local sau de la distanţă, cu o arhitectură a ierarhiei şi a legăturilor dintre ele bine precizată.

Unul din aceste (sub)sisteme îl constituie conducerea de la distanţă a staţiilor electrice (SCDSE). Fiind la începutul acţiunii de realizare a SCDSE este oportun de a trata modul de rezolvare a unora din implicaţii, care constituie chiar părţi ale (sub)sistemului.

* Ing. Gheorghe Ionaşcu lucrează la CIRE-SCP.

1. Sisteme de conducere de la distanţă a staţiilor electrice de transformare şi conexiuni

Staţiile electrice de transformare şi conexiuni ca părţi componente principale ale reţelelor electrice de transport şi distribuţie a energiei electrice au constituit, în ultimele două decenii, obiect al conducerii centralizate de la distanţă.

Aceasta s-a realizat prin telemecanizare.

S-au realizat astfel microsisteme pentru supravegherea şi comanda de la distanţă, compuse dintr-un număr de pînă la 6—8 staţii electrice.

Alegerea staţiilor electrice incluse în acest sistem s-a făcut pe baza unor criterii şi mod de organizare care să permită exploatarea acestor staţii fără personal permanent în staţie. Ele au devenit puncte de execuţie (PE) faţă de un punct de comandă (PC) constituit, de regulă, dintr-o staţie electrică de transformare mamă, cu personal permanent.

De la PE se transmit către PC semnalizarea situației în care se găsesc echipamentele energetice și măsura diverselor mărimi ce intră în funcționarea procesului tehnologic, iar de la PC se transmit comenzi către PE.

Echipamentele folosite au fost fără logică programată. Cu echipamente mai simple s-a realizat numai transmiterea unor grupe de semnale de la PE la PC.

În ambele cazuri s-au utilizat drept căi de transmisiuni canale de telecomunicații prin curenți purtători de înaltă frecvență pe conductoarele liniilor de energie electrică sau circuite fizice destinate exclusiv acestui scop.

Ca urmare, un număr important din stațiile electrice sînt exploatate fără personal în tură în stații. S-a obținut creșterea productivității muncii în activitatea de exploatare a stațiilor electrice și centralizarea supravegherii și comenzii, cu avantajele calitative rezultate din acestea.

Separat de aceasta, la nivelul treptelor superioare de dispecer se transmit semnalizări ale stării unor echipamente și măsuri ale parametrilor procesului tehnologic, din stații electrice, care, de regulă, nu fac parte din SCDSE. Se folosesc echipamente de proces și căi de transmisiuni destinate acestui scop.

Odată cu introducerea echipamentelor de proces pe bază de microprocesoare în stațiile electrice și dotarea punctelor de comandă cu microcalculatoare de proces, se creează premise pentru extinderea pe multiple coordonate ale conducerii de la distanță a stațiilor electrice de transformare și conexiuni.

În (sub) sisteme de conducere realizate cu asemenea echipamente apar facilități noi, precum colectarea, prelucrarea, stocarea și redarea informațiilor la nivelurile de comandă și execuție, recepționarea și afișarea lor într-o ordine ierarhizată la punctele de comandă, asocierea evenimentelor cu timpul producerii lor, reactualizarea datelor de bază, asistarea operatorului de la punctele de comandă, într-o primă etapă, și prelucrarea unora din funcțiile acestuia, într-o etapă ulterioară, de către microcalculatorul de proces.

Punctele de comandă capătă o rază de activitate mult mai mare, iar conducerea de la distanță capătă valențe noi, concretizate în obținerea următoarelor avantaje:

— creșterea calității supravegherii și a operativității comenzilor, cu posibilitatea amplificării acestora cu unele comenzi operative de la treptele de dispecer;

— creșterea operativității în luarea deciziilor, inclusiv în lichidarea incidentelor și avariilor, execuția unor manevre secvențiale și reglaje, punerea în funcțiune sau anularea unor automatizări etc.;

— îmbunătățirea regimurilor de funcționare prin cunoașterea on-line a parametrilor la care se funcționează și executarea rapidă a măsurilor care se impun pentru optimizarea lor;

— creșterea productivității muncii prin centralizarea unor activități și degrevarea personalului operativ de altele.

Evident, SCDSE trebuie să se încadreze în (sub) sistemele de conducere de proces ale SEN.

Într-o primă etapă, în SCDSE vor fi incluse, de regulă, stații electrice de transformare și conexiuni de 110 kV/MT. Cele cu tensiunea superioară mai mare, cu personal permanent în tură, vor fi incluse în (sub) sistemele de conducere ale treptelor superioare de dispecer cu folosirea acelorași tipuri de echipamente de proces sau mai evoluate.

Etapizat, în stațiile mari și importante din această categorie se vor realiza sisteme de comandă centralizată locală.

Ca părți importante ale SCDSE, vor fi tratate în continuare organizarea exploatării stațiilor electrice integrate în SCDSE și organizarea punctelor de comandă.

2. Organizarea personalului de exploatare a stațiilor electrice de transformare și conexiuni conduse de la distanță

Este cunoscut faptul că în scopul menținerii în stare de funcționare a echipamentelor și instalațiilor energetice din stațiile electrice de transformare și conexiuni se execută, conform instrucțiunilor tehnice, următoarele lucrări:

— lucrări de exploatare (E);

— lucrări de revizii și reparații (R);

— măsurători și încercări profilactice (MIP).

Lucrările de exploatare se execută de personalul în tură din stații. Celelalte lucrări se execută de formații specializate organizate corespunzător.

În cadrul lucrărilor de exploatare, personalul din tură din stațiile electrice execută:

— lucrări operative (LO);

— întreținere curentă (IC) la partea de circuite primare;

— intervenție accidentală la partea de circuite primare.

Lucrările operative constau din:

— supravegherea (S) permanentă a funcționării echipamentelor și instalațiilor energetice;

— executarea de manevre (M) programate și accidentale;

— executarea controlului curent (CC) în instalații;

— admiteri la lucru (AL) a formațiilor pentru reparații, măsurători și încercări profilactice, extinderi, demontări etc.

În concepția de realizare SCDSE, prin montarea echipamentelor de proces în stațiile electrice, sarcinile personalului de tură vor fi preluate după cum urmează:

— supravegherea și comanda (executarea de manevre) de la punctul de comandă;

— restul lucrărilor de către personal organizat corespunzător.

În cele ce urmează vom examina mai multe variante de organizare a acestui personal.

Varianta 1

Personal pentru executarea controlului curent, executarea unor manevre și admiteri la lucru, întreținere curentă și intervenții accidentale la partea de circuite primare și instalații anexe.

Varianta 2

Personalul din varianta 1 încadrat în personalul de revizii — reparații circuite primare și instalații anexe.

Varianta 3

3.1. Personal pentru executarea controlului curent, întreținerea curentă și intervenții accidentale la partea de circuite primare și instalații anexe.

3.2. Personal pentru executarea unor manevre și admiteri la lucru în schimburile I și II.

Varianta 4

Personalul de deservire operativă din rețelele de medie și joasă tensiune.

Din analizele și studiile întocmite au rezultat următoarele;

— varianta 1 este cea mai avantajoasă pentru etapa actuală;

— varianta 2 devine avantajoasă odată cu creșterea sensibilă a fiabilității echipamentelor energetice;

— varianta 3 este inferioară variantei 1 deoarece necesită personal în plus, executarea de transporturi suplimentare de la sediu la stații și înapoi, acces la partea de circuite primare a două categorii de personal etc.;

— varianta 4 prezintă dezavantajul unei pregătiri profesionale diferite de cea necesară, accesul personalului unei întreprinderi în instalațiile gestionate și exploatate de altă întreprindere etc.

Din aceleași analize și studii rezultă că varianta 1 în forma ei optimizată conduce la următoarele:

Personalul trebuie să lucreze în tură, în formații de cîte doi electricieni, din care un electrician șofer, în total 2 × 4 electricieni pentru un grup de 6—8 stații electrice încadrate în SCDSE, cu sediul pe lîngă un centru de înaltă tensiune, o stație electrică de transformare și conexiuni cu personal permanent în tură sau un centru de distribuție, să fie dotat cu un autoturism prevăzut cu radio, telefon, scule, materiale și carburanții necesari, acționînd pe o rază de circa 30 km, cu timpi de intervenție de maximum o oră.

În schimburile I și II acest personal va executa în aceste stații controale curente, o dată pe lună, întreținere curentă și intervenții accidentale și admiteri la lucru conform programelor de lucrări sau în situații accidentale. În schimbul III va executa intervenții accidentale.

Conținutul acestor categorii de lucrări este precizat în instrucțiunile tehnice existente.

În plus, față de acest personal, trebuie organizat un personal specializat pentru exploatarea și revizia echipamentelor de proces, inclusiv pentru intervenții accidentale la aceste echipamente.

În lipsa unei experiențe sub acest aspect, din estimările făcute pe baza unor analogii cu situații asemănătoare, rezultă că pentru un grup de 6—8 stații electrice de transformare încadrate în SCDSE sînt necesari 4 muncitori automatiști, posesori de permise de conducere auto, organizați în echipe de 1—2 muncitori, care să presteze program normal în schimbul I, eventual și în schimbul II, cu asigurarea intervențiilor accidentale în restul timpului, cu sediul pe lîngă centrul sau secția de înaltă tensiune, avînd în dotare autoturism prevăzut cu radio-telefon, scule, materiale, piese de schimb, carburanții necesari etc.

Pe linie operativă, ambele categorii de personal vor fi subordonate dispecerului, iar pe linie administrativă, centrelor sau secțiilor de înaltă tensiune, unde se va afla personal specializat, cu pregătire superioară, necesar îndrumării și coordonării formațiilor amintite.

Aceste formații vor fi organizate după ce 3—4 stații electrice din grupul care se formează au condiții de a se încadra în SCDSE. Pînă atunci, primele stații electrice se vor exploata cu personal la domiciliu sau în tură. Construcțiile pentru domiciliu se vor executa numai dacă acestea pot căpăta ulterior destinații tehnologice.

În forma optimizată de organizare a exploatării stațiilor electrice încadrate în SCDSE, în actuala structură a modului de exploatare (cu personal în tură, cu personal la domiciliu sau fără personal) se poate obține o creștere a productivității muncii la categoria personal muncitor de exploatare stații de 27—45%. Limitele sînt determinate de fiabilitatea echipamentelor energetice și de proces.

3. Organizarea punctelor de comandă în sisteme de conducere de la distanță a stațiilor electrice de transformare și conexiuni

După cum s-a arătat, de la punctele de comandă se preia supravegherea și comanda (manevra) echipamentelor energetice într-o măsură care să permită exploatarea fără personal în tură a stațiilor electrice încadrate în SCDSE.

La stabilirea punctelor de comandă trebuie avut în vedere următoarele:

— Economicitatea soluției de realizare a SCDSE.

● Aceasta depinde, în primul rînd, de distanța stațiilor electrice de transformare față de punctul de comandă. Costul căilor de transmisiuni depășește 50 % din costul sistemelor de conducere.

● Încărcarea minicalculatorului de proces de la punctele de comandă, care este echipamentul cel mai scump al acestora și care, de regulă, este dublat din motive de siguranță, determină de asemenea economicitatea soluției adoptate.

Calculele tehnico-economice în mai multe variante ale razei de activitate a punctelor de comandă pentru o zonă anume, sau chiar la nivelul întregii țări, pot să ofere soluția cea mai economică.

● Introducerea a cît mai puține trepte în conducerea operativă prin dispecer. Ideal ar fi ca punctele de comandă să fie grefate pe una din treptele de conducere prin dispecer. Evident, acestea din urmă ar trebui să preia și sarcinile de supraveghere și comandă (manevră) în stațiile electrice.

O asemenea soluție ar oferi următoarele avantaje :

— creșterea operativității și calității conducerii, supravegherii și comenzii în stațiile electrice incluse în SCDSE ;

— economicitate prin folosirea în comun a echipamentelor de proces, atît pentru conducerea prin dispecer, cît și pentru realizarea SCDSE ;

— creșterea productivității muncii privind personalul de conducere, supraveghere și comandă.

În momentul de față, treptele de conducere prin dispecer și atribuțiile acestora legate de conducerea operativă a rețelelor electrice sînt cele prezentate în diagrama din tabelul 1. Subordonarea operativă este față de treapta (treptele) de la stînga din diagramă, ultima avînd o subordonare directă formală față de a doua treaptă.

Administrativ, DEJ sînt subordonate fiecărei întreprinderi de rețele energetice (IRE). Acestea au în gestiune și exploatare rețelele electrice de medie tensiune din județul de re-

Tabelul 1

Diagrama autorității de conducere operativă în rețelele electrice

Denumirea echipamentului	DEC[1]) Atribute				DET[2]) Atribute				DEI[3]) Atribute				DEJ[4]) Atribute			
	AD	C	CC	CN	AD	C	CC	CN	AD	C	CC	CN	AD	C	CC	CN
Transformator 400/110 kV	×	—	—	—	—	×	—	×	—	×	—	×	—	—	—	—
Autotransformator 400/220 kV	×	—	—	—	—	×	—	×	—	×	—	—	—	—	—	—
Autotransformator 220/110 kV	—	—	—	—	×	—	—	×	—	×	—	×	—	—	—	—
Bare și celule 400 kV	×	—	—	—	—	×	—	×	—	×	—	—	—	—	—	—
Bare și celule 220 kV	×	—	—	—	×	×	—	×	—	×	—	×	—	—	—	—
Linii electrice 400 kV	×	—	×	—	—	×	×	—	—	×	—	—	—	—	—	—
Linii electrice 220 kV	×	—	—	—	—	×	×	—	—	×	×	—	—	—	—	—
Linii electrice 110 kV de buclă	—	—	—	—	×	—	×	—	—	×	×	—	—	—	—	—
Bare și celule 110 kV	—	—	—	—	×	—	—	—	×	×	—	×	—	—	—	—
Transformator 110 kV/MT	—	—	—	—	—	—	—	—	×	—	—	×	×	×	—	×
Linii electrice 110 kV radiale	—	—	—	—	—	—	—	—	×	—	×	—	—	—	—	—
Bare și celule M.T.	—	—	—	—	—	—	—	—	×	—	—	×	×	—	—	×
Linii electrice M.T.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	—	×	—
Posturi de transformare MT/MT, MT/JT	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	×	—	×

Situația existentă : DEC — dispecer energetic central ; DET — dispecer energetic teritorial ; DEI — dispecer energetic de întreprindere (cu rețele de înaltă tensiune) ; DEJ — dispecer energetic județean (pe lîngă fiecare întreprindere de rețele energetice — I.R.E.) ; AD' — autoritate de decizie ; C — competență ; CC — comandă de coordonare ; CN — comandă nemijlocită ; X — are atribute ; — nu are atribute ; 1) la nivel republican ; 2) pe raza a 7—10 județe ; 3) pe raza a 1—2—3—4 județe ; 4) pe raza unui județ.

ședință. DEI sînt subordonate numai IRE-urilor care au în gestiune rețele electrice de înaltă tensiune din județul de reședință și din 1—2 județe limitrofe. De la această schemă se abat două IRE. DET are subordonare administrativă față de DEC.

Pentru viitor, pe baza studiilor întocmite de Institutul de Studii și Proiectări Energetice și a avizelor Ministerului Energiei Electrice, se prevede ca ultimele două trepte să se contopească și să devină a treia și ultima treaptă de dispecer energetic de distribuție (DED), cu activitate pe raza unui județ, organizat administrativ pe lîngă fiecare IRE, cu atributele de conducere operativă prin dispecer indicate în diagrama din tabelul 2. Primele două trepte rămîn cu atribuțiile existente.

Tabelul 2

Diagrama autorității de conducere operativă a dispecerului energetic de distribuție (DED)

Denumirea echipamentului	Atribuții			
	AD	C	CC	CN
Transformator 400/110 kV	—	x[1])	—	—
Autotransformator 400/220 kV	—	x[1])	—	—
Autotransformator 220/110 kV	—	x[1])	—	—
Bare și celule 400 kV	—	x[1])	—	—
Bare și celule 220 kV	—	x[1])	—	—
Linii electrice 400 kV	—	x[1])	—	—
Linii electrice 220 kV	—	x[1])	—	—
Linii electrice 110 kV de buclă	—	×	×	—
Bare și celule 110 kV	—	×	—	×
Transformator 110 kV/MT	×	—	—	×
Linii electric 110 kV radiale	×	—	×	—
Bare și celule MT	×	—	—	×
Linii electrice MT	×	—	×	—
Posturi de transformare MT/MT; MT/JT	×	—	—	×

[1]) Poate fi atribuit numai DED de pe lîngă IRE. care are echipamentele în gestiune și exploatare.

Localizarea PC din cadrul SCDSE la ultima treaptă a conducerii operative prin dispecer determină întrebarea care din cele două variante de organizare a treptelor de dispecer, existentă sau avizată, corespunde cel mai bine scopului propus. Pentru a răspunde la această întrebare este suficient să se observe că în varianta de realizare a PC la nivelul DEJ și DEI, ca ultime trepte de dispecer în varianta actuală de organizare, implică următoarele:

— Organizarea în fiecare județ a unei trepte de conducere, supraveghere și comandă cu rol de dispecer DEJ, cu atribuții conform diagramei din tabelul 1 și cu rol de PC a părții de medie tensiune a stațiilor electrice din județul respectiv, incluse în SCDSE. Pentru ducerea la bun sfîrșit a acestui dublu rol este necesar să parvină informații și să plece comenzi de la/în partea de medie tensiune a acestor stații electrice.

În Municipiul București, raza de acțiune a unei asemenea trepte ar reprezenta o parte a orașului, în funcție de volumul de rețele electrice.

— Organizarea în localitățile de reședință ale IRE cu rețele de înaltă tensiune a unei trepte de conducere, supraveghere și comandă cu rol de dispecer DEI, cu atribute conform diagramei din tabelul 1, pe raza a 1—2—3—4 județe și cu rol de PC a părții de 110 kV a stațiilor electrice de transformare de pe raza acestor județe, incluse în SCDSE. Pentru preluarea acestor funcții este necesar să parvină informații și să plece comenzi de la/în partea de 110 kV a acestor stații electrice din cele 1—2—3—4 județe.

Pentru întreg Municipiul București va exista o asemenea treaptă de conducere, supraveghere și comandă.

Pentru părțile de 220 și 400 kV ale stațiilor electrice aflate în comanda operativă a primelor două trepte de dispecer situația ar rămîne neschimbată din punctul de vedere al rolului ce le revine acestor trepte de dispecer.

Modul de organizare arătat prezintă următoarele inconveniente:

— lungime mare a căilor de transmisiuni ca urmare a razei mari de acțiune a DEI și a distribuirii informațiilor din aceleași stații între DEI și DEJ;

— reducerea operativității comenzii prin dispecer prin subordonarea unei stații electrice de transformare la mai multe trepte de dispecer (DEI și DEJ) cu implicații negative asupra siguranței în funcționare, în durata de execuție a manevrelor și de întrerupere programată a consumatorilor, în regimurile de funcționare etc.;

— supraîncărcarea unora din DEI ca trepte de conducere;

— lipsa de simetrie în modul de organizare;

— folosirea sub capacități a echipamentelor de proces la DEJ din județele cu volum redus de rețele de m. t.;

— necesitatea unui volum relativ mare al părților de construcție pentru realizarea a ceea ce trebuie să fie DEJ și DEI.

Varianta de localizare a PC la DED, ca ultima treaptă de dispecer avizată, elimină

aceste inconveniente. De aceea, este varianta de organizare care trebuie preferată.

Este necesar ca la întocmirea documentaţiilor pentru implementarea SCDSE să se stabilească aria de cuprindere (raza de activitate) a unui DED pe bază de calcule tehnico-economice şi norme de personal în ipoteza că dispecerul operator este asistat, eventual completat parţial, de calculatorul de proces.

Într-un judeţ va putea exista mai mult de un DED dacă aceasta se justifică tehnico-economic prin volumul de reţele electrice de 110 kV şi MT din judeţul respectiv, precum şi prin atribuţiile şi sarcinile care revin privind conducerea, supravegherea şi comanda acestor reţele.

Operativ, fiecare DED va fi subordonat direct DET. Prin aceasta se asigură conducerea operativă centralizată a reţelelor electrice. Administrativ, DED va fi subordonată IRE din judeţul respectiv.

În cadrul fiecărui DED va exista un compartiment de comandă operativă şi un compartiment pentru regimurile de funcţionare operativă, conform regulamentelor de dispecer.

Compartimentele de comandă operativă vor prelua atribuţiile autorităţii de conducere operativă, conform diagramei din figura 2, pentru instalaţiile menţionate în această diagramă şi aflate în raza de activitate a DED, precum şi supravegherea şi comanda (manevra) de la distanţă a staţiilor electrice din aceeaşi rază de activitate, încadrate în SCDSE. Din analizele existente rezultă că acestea ar trebui să fie 15—20 staţii electrice 110 kV/MT, limitele fiind determinate de volumul reţelelor de MT alimentate din aceste staţii electrice.

În felul acesta DED este legat de un volum de instalaţii, iar prin structură şi dimensiunile acestora mai uşor de integrat în formele posibile de organizare administrativ-teritoriale.

Dispecerul operator trebuie să aibă pregătire superioară (inginer sau subinginer).

Compartimentele pentru regimurile de funcţionare operativă de pe lîngă DED numărul unu al fiecărui IRE, pot prelua în schimbul I, afară de sarcinile prevăzute de regulamentele menţionate şi următoarele sarcini legate de gestiunea operativă centralizată a tuturor reţelelor electrice aflate în gestiunea şi exploatarea IRE respectiv:

— întocmirea raportului de funcţionare pe ultimile 24 ore, cu prezentarea lui la factorii de decizie ai IRE;

— urmărirea regimurilor economice de funcţionare;

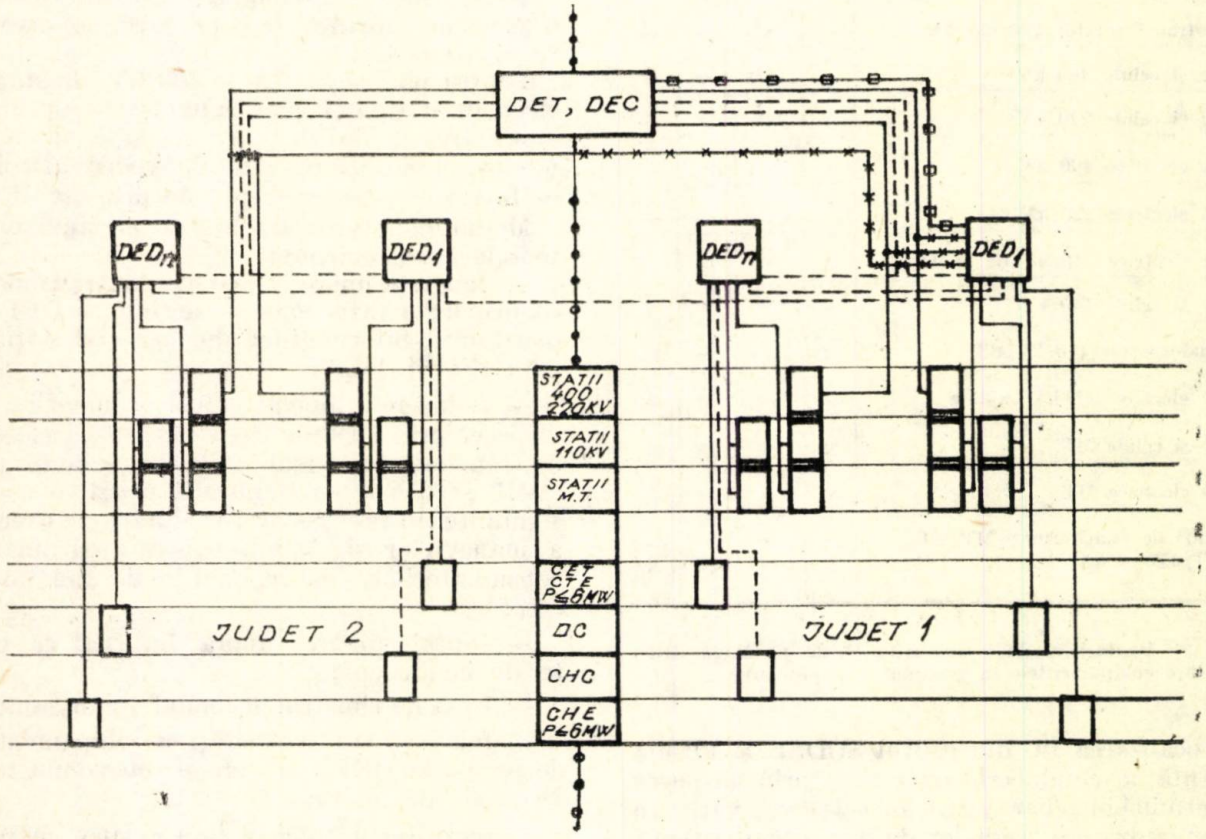


Fig. 1. Schema de încadrare în sistemul de conducere de proces: CET—centrală electrică de termoficare; CTE—centrală termoelectrică; CHE—centrală hidroelectrică; CHC—centru hidroenergetic de comandă; DC—dispecer consumator; — x-x-x-x-x—legături între PE şi PC; ———, ⊟⊟⊟ legături între PC; din analiza tehnico-economică va rezulta care dintre legăturile -x-x-x-x-, ⊟⊟⊟ trebuie menţinute; -⊖-⊖-⊖- limită de judeţ.

— urmărirea programului de lucrări;
— cunoaşterea în timp real, a evenimentelor şi situaţiilor deosebite produse în instalaţiile foarte importante, cu informarea factorilor de decizie pentru asemenea situaţii (în schimburile II şi III această sarcină va reveni dispecerilor de serviciu).

Pentru realizarea acestor sarcini, şi a altora din cadrul autorităţii de conducere operativă, este necesară o interconectare a (mini) calculatoarelor de la treptele de conducere de acelaşi nivel şi de nivel superior. Soluţiile de interconectare urmează să fie stabilite pe bază de calcule tehnico-economice.

Se realizează astfel şi premisele necesare asigurării unei conduceri tehnico-administrative centralizate în concordanţă cu organizarea IRE.

În figura 1 se prezintă un model de încadrare a staţiilor electrice de transformare şi a DED în SCDSE şi respectiv în sistemul de conducere de proces al SEN. În această figură judeţul 1 este de reşedinţă pentru IRE care au în gestiune şi exploatare reţele de înaltă tensiune, iar judeţul 2 este de reşedinţă pentru IRE care nu au asemenea reţele.

Concluzii

Supravegherea şi comanda staţiilor electrice de transformare s-a făcut şi se face încă, pe scară largă de la faţa locului cu personal în tură.

În ultimele două decenii s-a trecut la supravegherea şi comanda centralizată de la distanţă prin telemecanizare. Adoptarea, în ultimul timp, a echipamentelor de proces, pe bază de microprocesoare în staţiile electrice de transformare şi de miniprocesoare la punctele de comandă, oferă condiţii de extindere şi îmbunătăţire a conducerii centralizate de la distanţă, a staţiilor electrice de transformare şi conexiuni.

Această evoluţie în dotare cu echipamente aduce, prin altele, elemente noi în proiectarea sistemelor de conducere de la distanţă în organizarea modului de exploatare a staţiilor electrice de transformare şi conexiuni incluse în aceste sisteme şi în organizarea ultimei trepte de dispecer energetic de distribuţie. Cunoaşterea lor sub cît mai multe aspecte ajută la stabilirea soluţiilor optime încă de la începutul acţiunii de implementare a noilor echipamente de proces.

(Primit la 19 noiembrie 1983, acceptat la 25 mai 1985)

Surse şi tehnologii noi

Aspecte privind inventarierea şi valorificarea potenţialului energetic eolian din Podişul Sucevei

Ing. Romulus Sfichi *

Aspecte generale

Pentru afirmarea energiei eoliene ca o alternativă viabilă în cadrul energeticii neconvenţionale, prospectarea resurselor de vînt are, alături de dezvoltarea unor tehnologii specifice competitive economic, un rol de prim rang, avîndu-se în vedere impactul esenţial al alegerii unor amplasamente corespunzătoare asupra eficienţei economice globale a sistemelor de captare şi conversie a energiei vîntului.

În această direcţie se resimte într-adevăr necesitatea unei zonări detaliate a teritoriului naţional în ceea ce priveşte potenţialul său energetic eolian, precum şi a unor studii *regionale* asupra zonelor cu potenţial eolian ridicat [1].

Deocamdată nu există date suficiente asupra potenţialului energetic eolian care să fie susţinute prin măsurători. Dar dificultatea evaluării nu provine numai din insuficienţa datelor, ci şi din lipsa unui criteriu unic al acesteia. Energia eoliană se converteşte în alte forme de energie în turbine avînd un anumit diametru şi o anumită înălţime de la sol.

Astfel, se poate vorbi de energia întregii pături atmosferice a unei părţi a ei limitată la o înălţime amenajabilă şi, în sfîrşit, de o energie practic şi economic amenajabilă [2].

* Romulus Sfichi este inginer principal proiectant grd. I la IRE Suceava.

În baza studiilor elaborate de Institutul de Meteorologie și Hidrologie (IMH) s-a făcut o zonare energetică eoliană a teritoriului R.S.R. [2, 3, 4], urmărindu-se obținerea unor zone de importanță energetică în funcție de durata anuală în care vîntul înregistrează viteze la care turbinele eoliene pot funcționa.

Fără a intra în detalii în legătură cu această zonare, se apreciază [2] că ea are totuși o valoare informativă, deoarece a fost obținută prin prelucrarea datelor disponibile din stațiile meteorologice existente în 1978, dispuse neuniform în teritoriu și cu aparatură neadecvată scopurilor energetice.

În acest context este de precizat că microrelieful zonei de amplasament al mașinilor eoliene este extrem de important.

Într-adevăr, așa cum experiența o atestă, un amplasament bine situat într-o zonă de potențial slab poate fi mai eficient decît un altul, nejudicios stabilit într-o zonă de potențial bun.

De aici și necesitatea unor studii regionale și locale privind determinarea potențialului energetic eolian în vederea evidențierii premiselor de valorificare competitivă.

1. Modalități de exprimare a potențialului energetic eolian

Energia eoliană reprezintă un „subprodus" al energiei termice solare și oarecum al energiei gravitaționale. Faptul că este dispersată, intermitentă și aleatorie obligă la o minuțioasă analiză a modului ei de exprimare cantitativă.

Potențialul energetic eolian al unei anumite zone se exprimă prin doi indicatori : densitatea fluxului de energie (W/m^2) și, respectiv, densitatea medie multianuală a fluxului de energie (Wh/m^2), ambii fiind o funcție de viteza momentană a vîntului, deci de repartiția acesteia.

În literatura de specialitate din țara noastră [1, 4] acești indicatori sînt analizați în detaliu prin metode de evaluare ce folosesc modele matematice statistico-probabilistice ale vîntului.

În mod deosebit se propun două modele pentru repartiția vitezelor vîntului : repartiția Rayligh și, Weibull.

Dar pentru scopuri practice se poate aproxima densitatea de repartiție a vitezelor vîntului prin histograma frecvențelor vîntului, determinată pentru serii de date anuale sau multianuale.

Avînd în vedere că din punct de vedere economic valorificarea potențialului energetic eolian depinde esențial de producția anuală de energie, al doilea indicator este mai relevant (mai ales în cazul microcentralelor eoliene racordate la SEN).

Potențialul energetic eolian (kWh/m^2) se exprimă în acest caz prin relația :

$$e = 5 \cdot 10^{-4} \rho \sum_{i=1}^{N} f_i v_i^3, \qquad (1)$$

în care :

ρ reprezintă valoarea medie a densității aerului (kg/m^3) ;

f_i — frecvența vîntului cu viteze situate în intervalul i (ore) ;

v_i — viteza medie a vîntului pe intervalul considerat (m/s) ;

N — numărul de intervale.

Cît privește primul indicator, el reprezintă de fapt o putere specifică (kW/m^2) și poate fi determinat cu relația :

$$p = \frac{e}{T}, \quad T = \sum_{i=1}^{N} f_i, \qquad (2)$$

în care T reprezintă durata de timp (suma intervalelor) pentru care dispunem de observații statistice cu privire la mărimea vitezei vîntului în zona studiată.

O evaluare practică ce conduce la rezultate cu bune aproximații a acestor indicatori se bazează pe așa-numita curbă de asigurare a vitezelor medii multianuale ale vîntului pentru o anume zonă studiată [3], metoda de calcul fiind similară cu determinarea potențialului hidroenergetic al cursului unei ape și unde se cere curba de asigurare a debitelor multianuale. Este evident că exactitatea calculelor este cu atît mai bună cu cît dispunem de mai multe date înregistrate pe o perioadă de timp cît mai mare.

2. Utilizarea tehnico-economică a potențialului energetic eolian

Calitatea unui amplasament pentru o instalație de captare și conversie a energiei eoliene este evidențiată, în primul rînd, de potențialul său. După cum se știe [2, 4, 6] o instalație eoliană nu poate converti decît o parte din fluxul de energie al vîntului și care se evidențiază prin așa-numitul coeficient de putere (C_p), ce include în valoarea practică a sa atît randamentul aerodinamic, cît și cel mecanic al instalației respective. Acest coeficient, care reprezintă raportul dintre puterea culeasă la axul turbinei și puterea vîntului, depinde tot de repartiția vitezelor vîntului, iar valorile sale practice, chiar la cele mai perfecționate modele experimentale, nu depășesc 46 % [5].

Producția medie multianuală de energie (kWh) a unei instalații eoliene — parametrul esențial pentru determinarea eficienței economice a acesteia — se calculează cu relația :

$$E_T = C_p(v)\, e\, S \eta_m \eta_g, \qquad (3)$$

în care :

S reprezintă aria transversală activă a instalației eoliene (m^2) ;

η_m — randamentul transmisiei mecanice turbină-generator electric;

η_g — randamentul generatorului.

În privința valorilor practice relativ mici ale coeficientului $C_p(v)$ este de precizat că atunci cînd se pune problema implementării unui agregat eolian este mai puțin important gradul în care putem capta energia eoliană, deoarece, spre deosebire de energia obținută prin intermediul surselor convenționale, energia eoliană nu este o energie primară în sensul strict al cuvîntului; ea este gratuită, pentru că nu cere o extracție primară.

Determinante din acest punct de vedere rămîn a fi cheltuielile de investiții, precum și cele anuale de întreținere și exploatare.

În acest sens, indicatorii tehnico-economici ce trebuie avuți în vedere la proiectarea unei microcentrale eoliene (avînd în vedere gama de puteri ale agregatelor eoliene care se produc deocamdată în țară) sînt: investiția specifică, prețul de cost al energiei produse și timpul de recuperare al investiției.

Este interesant de menționat [8] că dintre toate procedeele actuale de conversie a energiei solare în energie electrică, utilizarea energiei eoliene este, în prezent, cea mai apropiată de competitivitatea economică. În țară la noi încă nu dispunem de o experiență care să ateste valori plafon ale indicatorilor tehnico-economici menționați.

Se consideră totuși [8] că utilizarea energiei eoliene este favorabilă din punct de vedere economic pe amplasamente cu un potențial energetic eolian de circa 1500 kWh/m²·an și competitivă cu unele surse alternative pe amplasamente care oferă peste 2500 kWh/m² · an.

3. Potențialul energetic eolian al Podișului Sucevei. Premise de valorificare

Necesitatea unor studii regionale asupra zonelor cu potențial eolian ridicat [1] a făcut ca în județul Suceava, încă din 1978, să se pună problema elaborării unei lucrări privind zonarea potențialului energetic eolian valorificabil.

Pentru început s-a luat în considerație Podișul Sucevei, unde există o veche tradiție de folosire a energiei eoliene în mediul rural, în instalații de puteri mici și unde, în același timp, existau condiții adecvate elaborării unei asemenea lucrări (stații și puncte meteorologice).

3.1. Metodologia cercetării

Stabilirea potențialului energetic eolian din zona Podișului Sucevei s-a bazat pe analiza parametrilor meteorologici de la un număr de patru stații meteorologice cu o perioadă lungă de observații și de la o stație (Teișor—Mihoveni) înființată în 1978 în scopul acestei cercetări și care a constituit o stație de altitudine. Perioadele diferite de funcționare a acestor stații au impus omogenizarea șirurilor de date de la unele din acestea, pentru a se ajunge la perioade sincrone.

Pentru stabilirea potențialului energetic eolian și în alte microzone decît acelea în care se află stațiile respective, au fost instalate trei puncte noi de observații meteorologice, iar numărul punctelor de măsurări expediționare a fost de 11.

La amplasarea punctelor de observație expediționare s-a ținut seama de scopul urmărit, acestea fiind fixate în părțile înalte ale reliefului și cît mai aproape de eventualii consumatori de energie eoliană convertită în energie mecanică sau electrică.

S-au amplasat, de asemenea, puncte de observație în văi și pe versanți, pentru a se putea constata deosebirile ce există între zonele deschise și cele adăpostite.

Măsurările vitezei vîntului la stațiile și punctele meteorologice cu caracter expediționar s-au făcut la 2 m deasupra solului cu anemometrul, iar la înălțimile de 5, 10 și 15 m deasupra solului cu girueta Willd.

În expedițiile microclimatice, măsurările s-au făcut asupra temperaturii și umidității relative a aerului, precum și asupra vîntului.

Pentru stabilirea caracteristicilor climatice ale zonei Podișului Sucevei în vederea determinării potențialului energetic eolian s-a prelucrat statistic un număr de peste 1,8 milioane date meteorologice, din care peste 1,2 milioane referitoare la vînt. Studiul climatologic amănunțit s-a referit la mărimile și duratele vitezelor vîntului, lunare, anuale și zilnice, a duratelor active și inactive, precum și la frecvențele și gradul de asigurare al acestora.

În baza acestor date s-au putut determina valorile e și p ce caracterizează potențialul energetic eolian potrivit relațiilor de calcul (1) și (2) și s-au putut trasa curbele de asigurare a vitezei vîntului pentru zonele tuturor stațiilor și punctelor meteorologice dispersate în teritoriu.

De asemenea, s-au estimat capacitățile probabile ale agregatelor eoliene ce s-ar preta punerii în valoare a potențialului energetic eolian.

3.2. Concluziile cercetării

Cercetările întreprinse în perioada 1978—1980 scot în evidență faptul că în zona Podișului Sucevei există un potențial energetic eolian favorabil, ce poate fi pus în valoare cu ajutorul diverselor tipuri de turbine eoliene. S-au stabilit astfel 20 de microzone în care pot fi realizate microcentrale eoliene de puteri cuprinse în gama 0—1 000 kW, înglobate în nouă subunități naturale: depresiunea submontană Rădă-

Tabelul 1

Frecvența absolută și relativă, pe diferite clase de viteză a vîntului în perioada aprilie 1978—mai 1980 (stația meteorologică Teișor—Mihoveni la h=15 m de sol)

CLASA DE VITEZĂ (m/s)	0—1	2—3	4—5	6—7	8—9	10—12	13—16	17—20	<21
FRECVENȚA ABSOLUTĂ [h]	485,3	1.636,5	2.515,0	2.055,1	1047,0	730,8	190,9	48,9	2,5
FRECVENȚA RELATIVĂ [%]	5,60	18,72	28,86	23,60	12,03	8,40	2,20	0,56	0,03

uți, masivul deluros al Dragomirnei, depresiunile submontane Solca și Cacica, dealurile piemontane Marginea — Arbore — Teișoru — Ciungi, depresiunea colinară Liteni, platoul Suceava — Bosanci, culoarul Suceava — Siret, Podișul Fălticeni—Dumbrăvița — Forăști și, în sfîrșit, culoarul văii Moldovei.

Cele mai favorabile zone pentru amplasarea microcentralelor eoliene cu racordare la SEN se situează la cote de peste 475 mdM, cu viteze ale vîntului de peste 5 m/s și cuprind areale mici, pe înălțimile izolate ale dealurilor Teișor, Florinta, Bobeica, Dealul Lupului, Dealul Grănicești, Stejarului, Vulturești ș.a. (cele 20 de microzone amintite).

Una din microzonele cu potențialul energetic eolian mai favorabil îl reprezintă Dealul Teișor (528 mdM) pentru care, cu titlu de exemplu, în tabelul 1 se prezintă condensat frecvența absolută și relativă pe diferite clase de viteze ale vîntului în perioada investigată (aprilie 1978—mai 1980).

Avînd în vedere că densitatea medie anuală a aerului în microzona studiată $\rho = 1{,}195$ kg/m^3 (altitudinea 528 mdM și temperatura medie multianuală de 8°C), cei doi indicatori calculați conform relațiilor (1) și (2) au valorile : $e = 1938$ kWh/m^2 și $p = 0{,}22$ kW/m^2.

Din datele prezentate se poate determina și viteza medie a vîntului cu relația :

$$v_m = \left(\frac{\sum_{i=1}^{N} f_i \, v_i^3}{\sum_{i=1}^{N} f_i} \right)^{1/3} . \qquad (4)$$

Viteza medie multianuală rezultată este de circa 5,7 m/s. Valorile e, p și v_m atestă un potențial energetic eolian relativ bun, care poate fi pus în valoare adoptînd grupuri aerogeneratoare adecvate.

4. Proiectarea unei microcentrale eoliene în amplasamentul Teișor — Mihoveni, jud. Suceava

În baza studiului de potențial elaborat s-a trecut la întocmirea proiectului unei microcentrale eoliene [6, 7] pe amplasamentul Teișor—Mihoveni.

În acest scop s-a adoptat o turbină eoliană cu ax vertical de tip TEV—20 [2] care se fabrică în prezent în producție de serie mică, la IMAIA București. Principalele caracteristici ale acestui agregat (fig. 1) sînt :

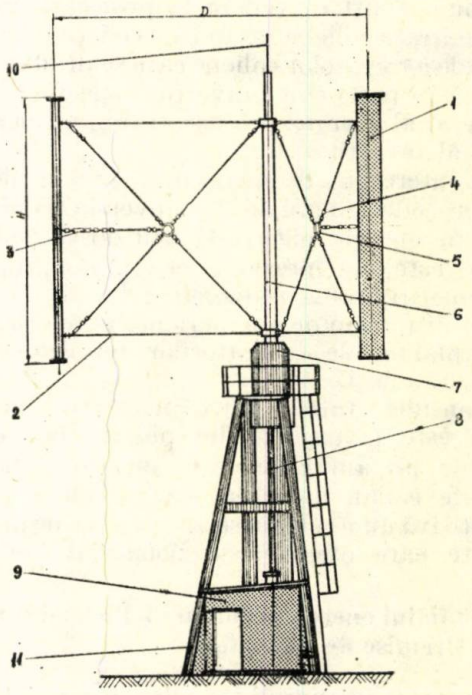


Fig. 1. Elementele componente ale turbinei eoliene TEV—20 : 1 — pală ; 2 — braț susținere pală ; 3 — întinzător ; 4 — legături ; 5 — inel ; 6 — ax ; 7 — lagăr ; 8 — transmisie ; 9 — instalație electrică de forță și comandă ; 10 — instalație de paratrăsnet ; 11 — turn de beton.

$H = 7$ m, $D = 14$ m, $H_t = 18{,}3$ m (înălțimea totală), $P = 20$ kW (puterea nominală la viteza nominală a vîntului $v_n = 10$ m/s), $v_1 = 4$ m/s (viteza vîntului la demaraj), $v_2 = 25$ m/s (viteza maximă a vîntului în funcționare) $v_{max} = 40$ m/s (viteza maximă a vîntului de dimensionare) și coeficientul mediu de putere corespunzător

$$\{v_i\} \in [v_1, v_2], \quad C_p(v) = 0{,}334.$$

Turbina eoliană antrenează un generator electric asincron trifazat tip AIM—225 Mb—6 cu echipament de comandă sincronizat cu rețeaua, avînd $P_i = 20$ kW, $U_n = 380/220$ V și

$f = 50$ Hz. Generatorul are rotorul bobinat și posedă rezistențe de reglaj în circuitul rotoric [2, 6].

Aplicînd relația (3) cu $S = 98$ m^2, $\eta_m = 0{,}95$ și $\eta_g = 0{,}9$ a rezultat $E_T = 54\,237$ kWh, ceea ce corespunde unei cantități de combustibil convențional $Q = 20$ t$_0$ c.c.

Luînd în considerare valoarea totală a investiției $I = 800$ mii lei rezultă următorii indicatori tehnico-economici: 40 mii lei/kWi, 40 mii lei/t c.c. și 1475 lei/kWh·an.

Microcentrala funcționează automat (fără personal permanent de exploatare), astfel încît prețul de cost reprezintă circa 1,2% din investiția specifică exprimată în lei/kWh · an, adică circa 0,18 lei/kWh · an.

Rezultă astfel cheltuielile anuale de exploatare:

$$C_A = p_c \cdot E_T = 0{,}18 \cdot 54 \cdot 237 = 9763 \text{ lei/an.}$$

Costul combustibilului economisit:

$$C = 2950 \cdot Q = 59\,140 \text{ lei/an.}$$

Timpul de recuperare a investiției este:

$$t_r = \frac{I}{C - C_A} = \frac{800 \cdot 10^3}{59140 - 9763} \simeq 16{,}2 \text{ ani.}$$

Așadar, în condițiile actualelor prețuri indicatorii tehnico-economici obținuți sînt comparabili cu cei ai microcentralelor.

5. Concluzii

5.1. Zonarea potențialului energetic eolian al teritoriului R.S.R. (de același ordin de mărime cu cel hidroenergetic inventariat) se impune a fi completată cu studii regionale asupra microzonelor cu potențial eolian ridicat în vederea amplasării grupurilor eoliene turbogeneratoare.

5.2. Ca o aplicație în acest sens, studiul elaborat pentru Podișul Sucevei în anii 1978—1980 atestă existența în această zonă a unui potențial energetic eolian cu posibilități certe de valorificare competitivă din punct de vedere economic.

5.3. Primul proiect elaborat de IRE Suceava (în condițiile respectării Legii nr. 9/1980 a investițiilor pentru o microcentrală electroeoliană de 20 kW amplasată în această zonă, pe Dealul Teișor—Mihoveni, dovedește că indicatorii tehnico-economici obținuți sînt competitivi cu cei ai microhidrocentralelor.

5.4. Metodologia simplificată de calcul adoptată conduce, probabil, la o subapreciere a producției medii multianuale de energie electrică a microcentralei electroeoliene în cauză și aceasta datorită faptului că vîntul bate în rafale și rareori este uniform.

În aceste condiții energia eoliană efectivă poate fi mai mare decît cea calculată pe baza vitezei medii multianuale pentru zona de amplasament.

Bibliografie

[1] * * * *Normă internă (NI 14—1983). Evaluarea resurselor și amplasarea instalațiilor eoliene.* Universitatea Brașov — Laboratorul pentru utilizarea energiei vîntului, 1983.

[2] * * * *Turbina de vînt TEV—20. Notiță tehnică.* ICPITMUA — Sector Brașov, Laboratorul de cercetare pentru utilizarea energiei vîntului. Brașov, 1984.

[3] Ilie, V. *Surse de energie noi și regenerabile în economia de energie a României.* Casa de știință și tehnică pentru tineret, Brașov, 1981.

[4] Ilie, V. și col. *Utilizarea energiei vîntului.* Editura tehnică, București, 1984.

[5] Voicu, Gh. și col. *Opțiuni și perspective ale utilizării forței vîntului în scopul producerii energiei electrice.* În: Energetica, vol. 31, nr. 7—8/1983, p. 345—356.

[6] * * * *Catalogul utilajelor, echipamentelor și instalațiilor de valorificare a resurselor energetice refolosibile și a surselor noi de energie.* CNST—INID, București — 1984.

[7] * * * *Microcentrala eoliană Teișor—Mihoveni județul Suceava.* Proiect IRE Suceava 5006/1984.

[8] Popescu, C. și Florescu, Al. *Diversitatea și ponderea surselor neconvenționale.* În volumul „Energetica în următoarele trei decenii", Editura Academiei RSR, București, 1979, p. 232—243.

(Primit la 26 septembrie 1984, acceptat la 24 iunie 1985)

Preîncălzitoare de aer cu tuburi termice. Experimentări la CET Oradea

Ing. Anton Roșu *

Descriptori : centrală termoelectrică, cazan de abur, combustibil sulfuros, coroziune, preîncălzitor de aer, tub termic

Introducere

Preîncălzitorul de aer cu tuburi termice s-a dovedit un recuperator eficient și fiabil al căldurii reziduale a gazelor de ardere evacuate din cazanele de abur arzînd combustibili sulfuroși, fiind, prin particularitățile lui constructive și funcționale, mai rezistent la coroziunea acidă decît alte tipuri de recuperatoare. Aspecte legate de folosirea acestui schimbător de căldură ca prima treaptă de preîncălzire a aerului în scopul protecției la coroziunea acidă a preîncălzitorului de aer de bază au fost prezentate în detaliu în [1].

În ICEMENERG au fost efectuate cercetări pentru reducerea pierderilor de căldură ale cazanelor de abur cu gazele de ardere evacuate (q_2), iar una din cele mai eficiente soluții s-a dovedit preîncălzitorul de aer cu tuburi termice (PATT). Experimentările pe stand efectuate la cazanul de 165 t/h din CET Oradea au scos în evidență performanțele corespunzătoare și buna comportare la funcționarea de durată a PATT, aspecte care se prezintă în acest articol.

1. Calculul preîncălzitorului de aer cu tuburi termice

Pentru calculul PATT se aplică ecuațiile de bilanț privind căldura cedată de gaze tuburilor termice și preluată de aer de la acestea.

Se recomandă ca, în domeniul de temperaturi în care funcționează, capacitatea de transfer a tuburilor termice să fie cu circa 15 % mai mare decît cea necesară [2]. Trebuie luate în considerație aspectele tehnico-economice, precum : puterea unitară a tuburilor termice, tehnologia de fabricație, costul etc.

Pentru ușurarea calculelor se lucrează mai comod cu conductanțele termice G în locul rezistențelor termice R :

$$G = \frac{1}{R} \cdot \qquad (1)$$

Conform [7], conductanța termică globală a tubului termic se poate calcula cu destulă precizie cu relația :

$$\frac{1}{G} = \frac{1}{G_{ext,v}} + \frac{1}{G_v} + \frac{1}{G_{ext,c}}, \qquad (2)$$

unde :

$G_{ext,v}$ și $G_{ext,c}$ [W/K] sînt conductanțele termice la trecerea căldurii de la sursa caldă la peretele zonei vaporizatoare și de la peretele zonei de condensare la sursa rece :

$$G_{ext,v} = A_v^e \cdot \alpha_v^e \text{ și } G_{ext,c} = A_c^e \cdot \alpha_c^e,$$

unde :

A_v^e și A_c^e [m²] sînt suprafețele exterioare ale zonei de vaporizare, respectiv, de condensare;

α_v^e și α_c^e [W · m² · K] sînt coeficienții de schimb de căldură prin convecție de la sursa caldă la peretele vaporizatorului și de la peretele condensatorului la sursa rece.

G_v este conductanța termică a coloanei de vapori între vaporizator și condensator, care se poate calcula cunoscîndu-se rezistența termică :

$$\frac{1}{G_v} = R_v = \frac{RT^2 \cdot \Delta p_v}{\dot{Q} L p_e},$$

unde :

- R este constanta gazelor [8314 J/kmol · K];
- T — temperatura vaporilor [K];
- Δp_v — pierderea de presiune în faza de vapori [N/m²];
- L — căldura latentă de vaporizare [J/kg];
- p_v — presiunea vaporilor [N/m²];
- $\dot{Q}$ — debitul de căldură transportat [W].

Considerînd t_g temperatura sursei calde (de exemplu gaze de ardere) și t_a temperatura sursei reci (aer) se poate scrie relația :

$$t_g - t_a = \frac{1}{G} \cdot \dot{Q}. \qquad (3)$$

Cum valoarea G este dată pentru tubul termic, rezultă că numai doi dintre parametrii t_g, t_a, $\dot{Q}$ pot fi aleși, cel de-al treilea rezultînd din relația (3).

* Ing. A. Roșu este cercetător științific principal la ICEMENERG — București.

Temperaturile vaporilor de agent termic în zonele gazelor de ardere și de aer ale unui PATT se pot calcula cu relațiile :

$$t_v^g = t_g - \frac{1}{G_g} \cdot \dot{Q}, \qquad (4)$$

$$t_v^a = t_a + \frac{1}{G_a} \cdot \dot{Q}. \qquad (5)$$

Schimbul de căldură este cu atît mai izoterm cu cît diferența $t_v^g - t_v^a$ este mai mică.

Pentru a se produce deplasarea vaporilor de la un capăt la celălalt al tubului termic trebuie să existe mici diferențe de temperatură cunoscute ca defect de izotermalitate.

Cercetările efectuate la ICEMENERG [2] au dovedit posibilitatea ca un tub termic de 1 m ($l_v = l_c = 0{,}5$ m) să transporte $\dot{Q} = 500$ W la o diferență $t_v - t_c = 40$ K.

Coeficientul de schimb de căldură al unui PATT se calculează conform [3—5] cu relația :

$$k = \frac{\xi_a}{\left(\frac{1}{\alpha_g} + \varepsilon\right)\left(1 + \frac{S_a}{S_g}\right) + \frac{1}{\alpha_a}\left(1 + \frac{S_g}{S_a}\right)}, [\mathrm{W/m^2 \cdot K}] \qquad (6)$$

unde :

ξ_a este coeficientul de utilizare a tuburilor termice care se definește ca $\xi_a = k_{experimental}/k_{teoretic}$;

α_g și α_a — coeficienții de schimb de căldură prin convecție între gazele de ardere și tubul termic și între acesta și aer [W/m² · K];

ε — coeficientul de murdărire al PATT ;

S_g și S_a — suprafețele de schimb de căldură ale PATT amplasate în partea de gaze de ardere, respectiv în cea de aer [m²].

Coeficientul ξ_a se poate determina, conform [3] cu relația :

$$\xi_a = \varphi_{\Delta t} \cdot \varphi_\varepsilon \cdot \varphi_a \qquad (7)$$

unde :

$\varphi_{\Delta t}$ este un coeficient care ia în considerație eficiența utilizării diferenței totale de temperatură între gazele de ardere și aer ;

φ_ε — coeficient care caracterizează înrăutățirea funcționării suprafeței datorită murdăririi cu cenușă a părții de gaze de ardere ; se definește ca :

$$\varphi_\varepsilon = k_\varepsilon / k_{teoretic} ;$$

φ_a — coeficient care caracterizează calitatea executării tuburilor termice, indicînd înrăutățirea funcționării lor în prezența gazelor necondensabile (calitatea vidului realizat la „umplere").

Coeficientul $\varphi_{\Delta t}$ se calculează cu relația :

$$\varphi_{\Delta t} = \frac{t_g - t_a - \Delta t_{int}}{t_g - t_a}, \qquad (8)$$

unde :

t_g și t_a sînt temperatura gazelor de ardere și a aerului [K];

Δt_{int} — scăderea diferenței de temperatură la transferul de căldură în interiorul tubului termic de la capătul amplasat în gazele de ardere la cel din aer [K].

Căderea de temperatură internă (totală) se calculează cu relația :

$$\Delta t_{int} = \Delta t_f + \Delta t_c + \Delta t_h + \Delta t_t \ [\mathrm{K}] \qquad (9)$$

unde :

Δt_f și Δt_c reprezintă căderea de temperatură la fierberea și condensarea agentului termic [K];

Δt_h — căderea de temperatură hidrostatică [K];

Δt_t — căderea de temperatură care apare la transportul vaporilor de agent termic din partea încălzită în cea răcită [K].

Componentele Δt_f și Δt_c se pot determina cu relația :

$$\Delta t_f + \Delta t_c = \frac{q_{inc}}{\alpha_v} + \frac{q_{răc}}{\alpha_c}, \ [\mathrm{K}] \qquad (10)$$

unde :

q_{inc} și $q_{răc}$ sînt sarcinile termice ale tubului termic pe partea încălzită și pe cea răcită [W/m²];

α_v și α_c — coeficienții de schimb de căldură prin convecție în zonele de vaporizare și condensație [W/m² · K].

În cazul unei sarcini termice pe întreaga suprafață a tubului $\frac{\dot{Q}}{S} = 580 - 3500$ W/m² se poate aplica relația :

$$\Delta t_f + \Delta t_c = 3{,}5 + 0{,}0025 \frac{\dot{Q}}{S} \ [\mathrm{K}] \qquad (11)$$

Căderea de temperatură hidrostatică Δt_h apare datorită presiunii și temperaturii neomogene la care survine fierberea agentului termic în stra-

turile superioare și inferioare ale părții încălzite a tubului termic. Diferența de temperatură este determinată de înălțimea coloanei de agent termic (h, fig. 1) și depinde și de presiunea medie a lichidului [5]. Conform [4] Δt_h se poate determina din figura 1, iar conform [6], Δt_h, care s-ar datora diferenței între presiunea medie de fierbere și cea de condensare, are următoarele valori :

— pentru tuburi verticale obișnuite : $\Delta t_h = 2 \ldots 5$ K;

— pentru tuburi cu vid : $\Delta t_h = 10 \ldots 15$ K;

— pentru tuburi înclinate Δt_h este foarte mic.

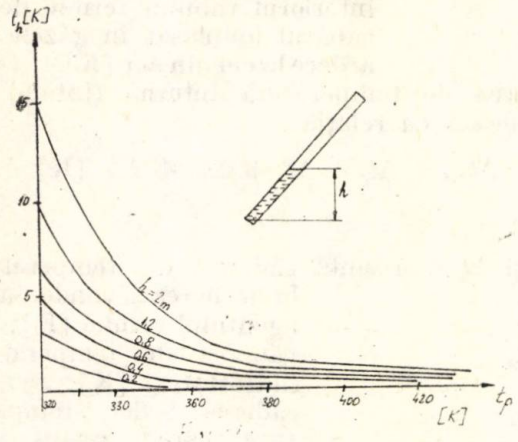


Fig. 1. Variația căderii de temperatură hidrostatice în funcție de temperatura peretelui tubului termic și înălțimea hidrostatică a lichidului din tub.

La PATT orizontale, în formula (9) se pot neglija termenii Δt_h și Δt_r :

$$\Delta t_{int}^{oriz} = \Delta t_f + \Delta t_c \text{ [K]} \qquad (12)$$

Conform [5], prin cercetări de laborator s-a dovedit că pentru calculele practice suma $\Delta t_f + \Delta t_c + \Delta t_t$ se poate exprima cu suficientă precizie în funcție de sarcina termică specifică a părții de încălzire, prin înclinări ale tuburilor termice de la 5° la 90°, așa cum rezultă din figura 2.

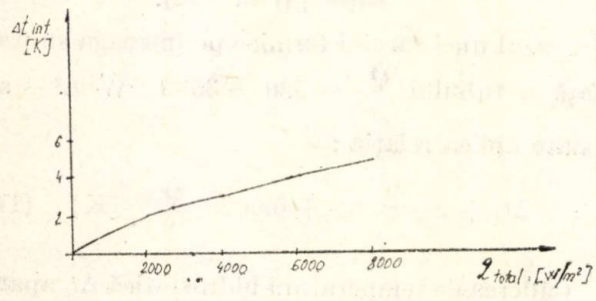


Fig. 2. Variația căderii de temperatură internă în funcție de sarcina termică a suprafeței încălzite.

Coeficientul φ_ε s-a dovedit experimental că are valoare apropiată de 1. El se poate neglija în expresia (7), mai ales cînd influența murdăririi este evidențiată de coeficientul ε (relația 6).

Dacă la calculul diferenței medii de temperatură Δt_{med} se ține cont de influența căderii interne de temperatură Δt_{int}, atunci în expresia (7) se poate neglija și coeficientul φ_t, iar coeficientul de utilizare a tuburilor termice ξ_a va fi influențat numai de φ_a și poate fi determinat conform curbei 1 din figura 3.

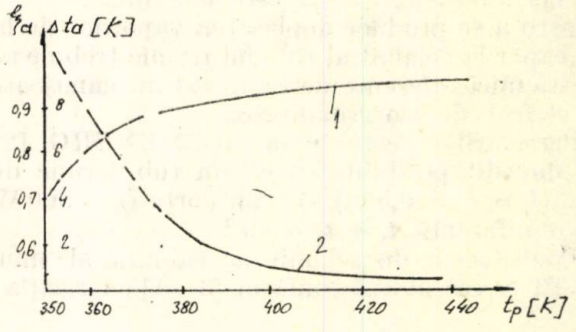


Fig. 3. Variația coeficientului de utilizare a tuburilor termice ξ_a (curba 1) și căderii de temperatură Δt_a(curba 2) în funcție de temperatura peretelui tuburilor termice t_p : linie continuă — rezultatele experimentărilor; linie întreruptă — extrapolarea curbelor.

Coeficientul de murdărire se determină la arderea combustibilului solid :

— dacă $t_p < t_r + 10$ [K], din figura 4 ;

— dacă $t_p > t_r + 10$ [K], cu relația cunoscută :

$$\varepsilon = C_a \cdot C_f \cdot \varepsilon_0 + \Delta\varepsilon . \qquad (13)$$

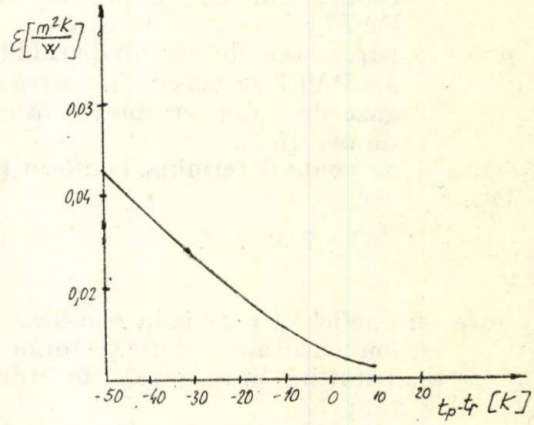


Fig. 4. Variația coeficientului de murdărire ε în funcție de diferența de temperatură între peretele tubului termic și punctul de rouă acidă.

La arderea combustibilului lichid, cînd $t_p > t_r + 10$, $\varepsilon = 0{,}005 - 0{,}006$ [m² · kW]. Temperatura peretelui tubului termic în partea de

gaze de ardere a PATT se poate calcula, conform [4 și 6] cu relația :

$$t_p^g = t_g - \frac{t_g - t_a - \Delta t_h}{1 + \frac{1 + \varepsilon \alpha_g}{\alpha_a \cdot S_a}} \text{ [K]} \qquad (14)$$

în care mărimile au semnificația prezentată anterior.

Se poate acționa asupra lui t_p^g prin realizarea tuburilor termice cu diametre diferite pe partea de gaze de ardere și de aer (aceasta influențează : $\frac{S_g}{S_a}$, $\frac{w_g}{w_a}$ și deci $\frac{\alpha_g}{\alpha_a}$ în sensul dorit).

În lucrarea [7] se prezintă modul de determinare a cîmpului de temperatură în PATT. Este luat în considerație atît regimul tranzitoriu (pînă la formarea vaporilor de agent intermediar, cînd aerul încă nu se preîncălzește și după formarea acestora, cînd începe încălzirea aerului), cît și regimul stabilizat. În lucrarea [8] se prezintă rezultatele experimentărilor pe stand, efectuate în scopul intensificării schimbului de căldură în partea de condensație a tubului termic de tip Perkins. S-au studiat regimurile hidrodinamice la diferite condiții de răcire și s-au determinat condițiile funcționării eficiente a zonei de răcire. Coeficientul de schimb de căldură de la tubul termic la aer α_a a avut valori între 80 și 130 W/m² · K.

În lucrarea [9] se prezintă o metodă de optimizare a funcționării PATT în sensul alegerii corecte a vitezelor gazelor de ardere și aerului (w_g și w_a), raportului suprafețelor de schimb de căldură amplasate în partea de aer și în cea de gaze de ardere $\left(b = \frac{S_a}{S_g}\right)$ și diametrului tuburilor termice (d). S-a folosit criteriul cheltuielilor anuale minime (Z), luîndu-se în considerație implicațiile pe care le aduce prevederea PATT în schema cazanului (investiție, putere suplimentară pentru acoperirea pierderilor de presiune, energie electrică suplimentar consumată în același scop, reparații etc.). S-a găsit grafic minimul funcției $Z = f(w_g)$, recomandîndu-se drept optime valorile w_g = 4,5 — 6,5 m/s.

În același fel s-au stabilit valorile optime ale raportului b și ale diametrului tubului termic :

$$b_{opt} = 1{,}3 - 1{,}6 \text{ și } d_{opt} = 35 - 40 \text{ mm}.$$

2. Coroziunea acidă a gazelor de ardere evacuate din cazanele de abur de 165 t/h din CET Oradea

Cazanele de abur din CET Oradea sînt alimentate cu cărbune cu conținut de sulf cuprins între 1,1% (Căpeni) și 5% (Almaș) cu valori medii de 3—4%. Temperatura gazelor de ardere la evacuare (t_{evac}^g) se limitează în scopul evitării coroziunii acide a suprafețelor finale („reci") de schimb de căldură. Valoarea de proiect a t_{evac}^g este de 433 K, însă în realitate se funcționează cu valori de 450—470 K.

Procentul de sulf în combustibil determină valoarea ridicată a punctului de rouă acidă t_r (circa 410 K), ceea ce face ca la valorile apropiate ale temperaturii peretelui schimbătoarelor de căldură t_p = 395—420 K să apară o coroziune acidă supărătoare. În figura 5 se prezintă variația vitezei de coroziune acidă în funcție de temperatura peretelui în cazul arderii

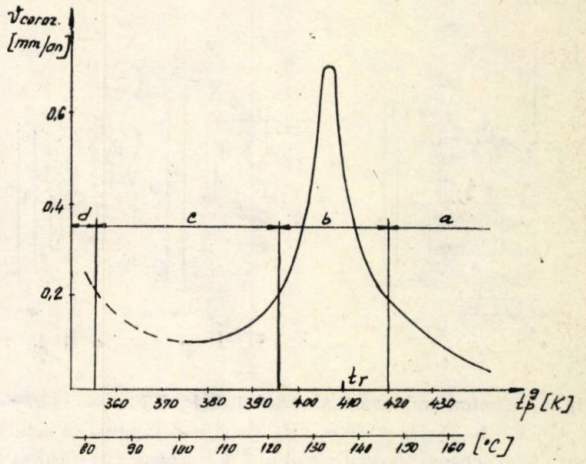


Fig. 5. Variația vitezei de coroziune a gazelor de ardere în funcție de temperatura peretelui schimbătorului de căldură măsurată pe partea de gaze a PATT.

unui lignit cu 2—4% sulf. Se observă că în zona „a" în care $t_p > 420$ K, viteza de coroziune este mai mică de 0,2 mm/an, ceea ce face ca schimbătoarele de căldură cu pereți de circa 3 mm să poată funcționa îndelung fără străpungere. În zona „b", denumită periculoasă din punctul de vedere al coroziunii acide, viteza de coroziune poate ajunge la valori de peste 0,6 mm/an, ceea ce creează probleme serioase legate de siguranța în funcționare. Lățimea acestei zone crește direct proporțional cu valoarea t_r, în așa fel încît zona „c" cu viteza coroziunii acide reduse (sub 0,2 mm/an) poate fi exploatată eficient dacă b < 20—30 K. În zona „d", în care se manifestă roua vaporilor de apă, nu se indică amplasarea unor suprafețe de schimb de căldură.

Datorită caracteristicilor funcționale speciale PATT poate fi amplasat fără riscuri mari în zonele „b" și „c" pentru că prin localizarea vitezei maxime de coroziune sînt atacate puternic numai anumite tuburi termice, iar funcționarea independentă a acestora face ca la avarierea lor să nu fie afectată toată suprafața de schimb de căldură, așa cum se întîmplă la recuperatoarele obișnuite.

Spargerea unor tuburi termice pe partea de gaze de ardere diminuează într-o oarecare măsură eficacitatea PATT, conducînd la o creştere a t_g^{evac} fără a se afecta însă etanşeitatea schimbătorului de căldură (porţiunea tubului termic amplasată în partea de aer a PATT nu se sparge).

3. Amplasarea şi construcţia standului de PATT

Standul de PATT a fost amplasat pe un bypass al canalului de gaze de ardere evacuate din cazanul de 165 t/h din CET Oradea, aşa cum rezultă din figura 6. Într-o primă etapă de experimentări racordul canalului de gaze de ardere al standului s-a făcut într-o zonă (înaintea

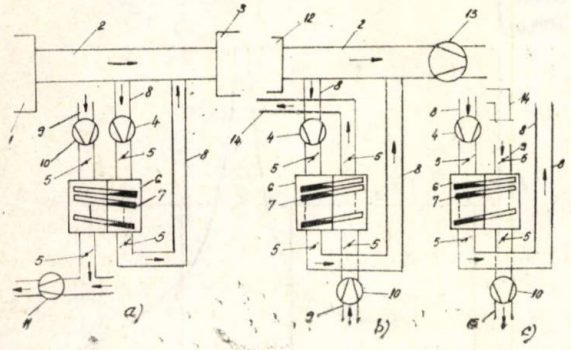


Fig. 6. Schema amplasării standului de PATT : a — la t_g^{evac} = = 470 K ; b, c — la t_g^{evac} = 410 K ; a, c — schema în echicurent ; b — schema în contracurent ; 1 — cazan ; 2 — canal de gaze de ardere evacuate ; 3 — mecanofiltre ; 4 — ventilatorul de gaze de ardere al standului ; 5 — clapete ; 6 — PATT ; 7 — tuburi termice ; 8 — canalul de gaze de ardere al standului ; 9 — canalul de aspiraţie a aerului rece ; 10 — ventilatorul de aer al standului ; 11—ventilatorul de aer al cazanului ; 12 — electrofiltre ; 13 — ventilatorul de gaze de ardere al cazanului ; 14 — canalul de aer al standului racordat pe aspiraţia ventilatorului de aer al cazanului ; 15 — canalul de refulare a aerului din stand în atmosferă.

mecanofiltrelor) în care temperatura gazelor de ardere era de circa 470 K (schema *a*), iar pentru experimentarea unui regim cu nivel termic mai scăzut, racordul canalului de gaze de ardere al standului a fost mutat după electrofiltre (schemele *b* şi *c*), unde $t_g^{evac} \approx 410$ K.

În cazul *a* schema circulaţiei aerului şi gazelor de ardere în PATT a fost în echicurent în timp ce în cazurile *b* şi *c* s-au efectuat experimentări atît în schema în contracurent (*b*), cît şi în cea în echicurent (*c*), modificarea fiind realizată simplu, prin inversarea poziţiei ventilatorului de aer (10) şi scoaterea unui tronson de pe canalul de refulare a aerului (14), care în varianta *c* devine canalul de aspiraţie (9) a aerului rece.

Standul a fost prevăzut cu ventilatoare proprii, ceea ce a permis vehicularea prin PATT a unor debite de gaze de ardere şi de aer care au reprezentat 6—10% din valorile reale ale cazanului. Amplasarea PATT s-a făcut pe canale de aer şi de gaze de ardere orizontale, iar tuburile termice au fost aşezate, de asemenea, orizontal (mai precis făcînd un unghi de 6° cu orizontala). Canalele standului au fost prevăzute cu clapete, atît pentru izolare, cît şi pentru reglarea debitului. În PATT au fost montate 150 tuburi termice avînd lungimea de 4 m şi diametrul 32 × × 3 mm. În secţiunea transversală au fost amplasate 5 tuburi termice, numărul de rînduri fiind de 30. Pentru a se evita apariţia unor eroziuni care să conducă la rezultate eronate referitoare la efectul coroziunii acide a gazelor de ardere tuburile termice s-au amplasat într-un sistem coridor cu paşii de valori mai mari $\left(\frac{s_1}{d} = 4 \text{ şi } \frac{s_2}{d} = 2\right)$ decît cele indicate în literatura de specialitate. Înclinarea tuburilor termice a fost realizată prin construcţia plăcii tubulare, care are şi rol de separare etanşă a părţii de aer de cea de gaze de ardere.

Dimensiunile de gabarit ale PATT sînt 4 × 2 × × 0,75 m, aşa cum reiese din figura 7. Suprafaţa de schimb de căldură realizată a fost de 60 m² cu repartiţie egală între aer şi gazele de ardere (lungimea tubului termic în partea de aer a fost egală cu cea din partea de gaze de ardere, avînd valoarea de 2 m).

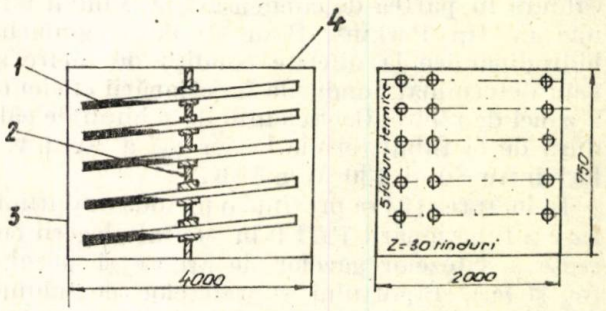


Fig. 7. Amplasarea tuburilor termice în PA : 1 — tub termic ; 2 — placă tubulară ; 3 — partea de gaze de ardere ; 4 — partea de aer.

Canalele de racord au secţiuni de 1040 × 820 mm, pentru gazele de ardere, şi 800 × 800 mm, pentru aer. În schema *a* din figura 6 debitul ventilatorului de aer a fost de 45000 m³/h şi al ventilatorului de gaze de ardere de 28000 m³/h, iar în schemele *b* şi *c* ventilatoarele au fost schimbate între ele.

Confecţionarea tuburilor termice s-a făcut din ţeavă de OL37 K_1, iar „umplerea" lor pe 1/3 din lungime cu un amestec rezistent la îngheţ format din 2/3 apă demineralizată şi 1/3 alcool etilic tehnic s-a făcut prin procedeul de fierbere într-o staţie de încărcare. Aceasta, avînd formă de cilindru de 620 × 8 mm şi înălţime 2035 mm, este prevăzută cu 55 teci, printre care poate circula aburul care încălzeşte tuburile termice introduse în ele.

Primul procedeu de umplere încercat a fost cel prezentat în literatura de specialitate: tuburile astupate la un capăt și prevăzute cu un orificiu în capacul celuilalt capăt s-au umplut cu apă și alcool în proporția dorită și s-au introdus în tecile stației printre care circula abur; după un timp apa din tuburi ieșea sub formă de jeturi intermitente și apoi se degaja abur; în momentul în care s-a presupus că în interiorul tubului a rămas cantitatea de lichid dorită s-a sudat un dop conic în orificiul capacului. Acest procedeu de umplere s-a considerat nesatisfăcător întrucît prin eliminarea apei sub formă de jeturi nu se cunoștea cu precizie cantitatea rămasă, iar sudarea dopului în capac în timpul fierberii conținutului tubului nu a împiedicat pătrunderea din exterior a unei cantități de gaze necondensabile, ceea ce a înrăutățit nivelul vidului necesar (în interiorul tubului presiunea în valoare de circa 0,5 bar s-a considerat total necorespunzătoare).

Folosirea unei pompe de vid pentru umplerea tuburilor termice nu a dat, de asemenea, rezultate bune, presiunea realizată fiind de 0,35—0,4 bar.

Umplerea corespunzătoare a tuburilor termice (circa 0,02 bar) s-a realizat prin punerea la punct a unui procedeu care a stabilit cantitatea de amestec care trebuie introdusă în fiecare tub pentru ca după fierbere să rămînă cantitatea dorită, regimul termic optim al stației de umplere pentru evitarea unei fierberi intense care să provoace evacuarea lichidului în exterior sub formă de jeturi, modul de închidere a tuburilor termice pentru evitarea stricării vidului realizat, intervalul la care trebuie introduse tuburile în stație pentru evitarea apariției concomitente a condițiilor necesare închiderii mai multor tuburi. În figura 8 se prezintă stația de încărcare și un tub termic în care agentul de lucru (apă + alcool) fierbe, iar spațiul superior este plin cu abur care, la răcire, condensînd, permite obținerea nivelului de vid dorit.

Valoarea ridicată a coeficientului de utilizare a tuburilor termice ($\xi > 0{,}9$) a confirmat vidarea corespunzătoare a acestora.

Verificarea „umplerii" corespunzătoare a tuburilor termice se poate face prin măsurarea temperaturii peretelui de-a lungul tubului termic. Dacă aceasta este practic constantă și prezintă numai o ușoară scădere spre capătul din partea de aer a PATT, vidarea s-a făcut corespunzător (spre capătul menționat se află o cantitate mică de gaze necondensabile, ceea ce face ca presiunea parțială a vaporilor lichidului de lucru să fie mare și deci temperatura de condensare este ridicată). Dacă t_p are o alură puternic căzătoare în partea de aer este o dovadă a unui nivel de vid necorespunzător.

În figura 9 se prezintă variația t_p în lungul unui tub vidat corespunzător prin procedeul menționat (curba a) și în lungul unui tub cu un vid necorespunzător obținut prin procedeele mai puțin eficiente prezentate (curba b).

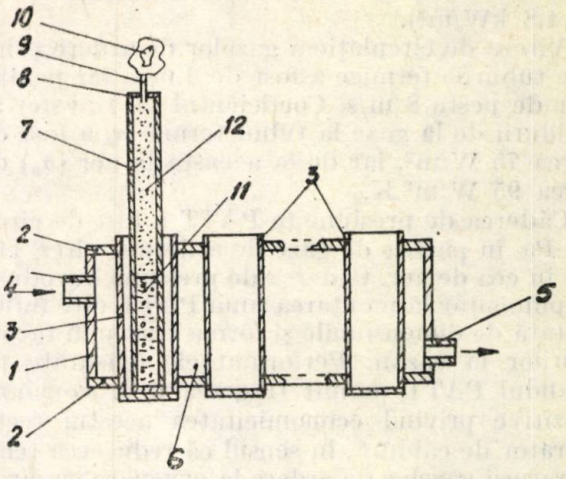


Fig. 8. Stație de încercare a tuburilor termice: 1 — corpul stației; 2 — placă tubulară; 3 — teacă; 4 — racord de intrare a aburului de încălzire a stației; 5 — racord de ieșire a aburului; 6 — camera de încălzire (de abur) a stației; 7 — tubul termic care se umple; 8 — capacul superior al tubului termic; 9 — știftul pentru închiderea tubului; 10 — abur degajat prin fierberea lichidului din tubul termic; 11 — agentul termic din tub; 12 — spațiul care se videază după răcire și condensare.

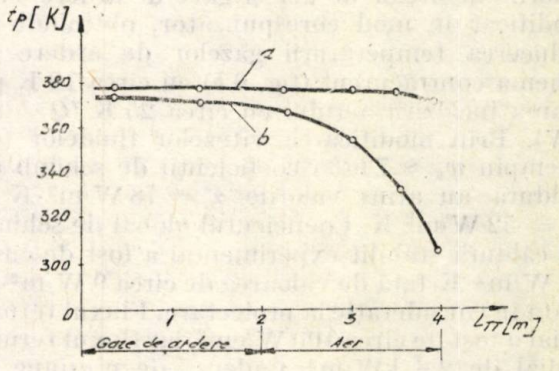


Fig. 9. Variația temperaturii peretelui în lungul tuburilor termice cu vid corespunzător (a) și necorespunzător (b).

4. Rezultatele experimentărilor pe stand

Prima serie de experimentări a fost efectuată la amplasarea standului conform figurii 6 *a*). Prin cedarea căldurii în PATT ($Q = 145$ kW) temperatura gazelor de ardere evacuate din cazan s-a redus de la 466—471 K la 442—447 K pe seama creșterii temperaturii aerului de la 288—292 K la 330—312 K. Coeficientul global de transfer de căldură k determinat experimental a avut valori de peste 15 W/m² K, mai mari decît valoarea determinată la proiectare ($k = 11$ W/m²·K) cînd s-a presupus că nivelul de vid care se va putea obține în tuburile termice va permite atingerea unei valori a coeficientului de utilizare a tuburilor termice de numai $\xi \approx 0{,}7$ (valoarea determinată experimental a

fost de $\xi = 0{,}94$). Aceasta a condus la obținerea unor valori ridicate ale: conductanței tubului termic ($G = 5$ W/K), fluxului termic axial ($q_a = 180$ W/cm²) și fluxului termic radial ($q_r = 4{,}8$ kW/m²).

Viteza de circulație a gazelor de ardere printre tuburile termice a fost de 6 m/s, iar pentru aer de peste 8 m/s. Coeficientul de transfer al căldurii de la gaze la tubul termic α_g a fost de circa 75 W/m², iar de la aceasta la aer (α_a) de circa 95 W/m² K.

Căderea de presiune în PATT a fost de circa 50 Pa în partea de gaze de ardere și circa 140 Pa în cea de aer. Căderea de presiune introdusă suplimentar la montarea unui PATT este influențată de dimensiunile și forma traseului racordurilor la cazan. Performanțele măsurate pe standul PATT permit tragerea unor concluzii pozitive privind economicitatea acestui recuperator de căldură, în sensul că reducerea temperaturii gazelor de ardere la evacuare cu circa 25 K conduce la creșterea randamentului cazanului de 165 t/h din CET Oradea cu circa 1,85 %, ceea ce corespunde cu economisirea unei cantități de combustibil de circa 2000 tc.c./an.

A doua serie de experimentări s-a desfășurat pe standul amplasat ca în figura 6 *b* și *c*, la un nivel termic mult mai scăzut al gazelor de ardere (circa 410 K). Prin inversarea ventilatoarelor valorile debitelor de aer și gaze de ardere s-au modificat în mod corespunzător, obținîndu-se reducerea temperaturii gazelor de ardere în schema contracurent (fig. 6 *b*) cu circa 12 K pe seama încălzirii aerului cu circa 25 K ($Q = 80$ kW). Prin modificarea vitezelor fluidelor (de exemplu $w_g \approx 7$ m/s) coeficienții de schimb de căldură au atins valorile $\alpha_g = 78$ W/m²·K și $\alpha_a = 52$ W/m² K. Coeficientul global de schimb de căldură stabilit experimental a fost de circa 13 W/m²·K față de valoarea de circa 9 W/m²·K luată în considerație la proiectare. Fluxul termic axial a fost de circa 100 W/cm², iar fluxul termic radial de 2,6 kW/m². Căderea de presiune în PATT a crescut pe partea de gaze de ardere pînă la circa 70 Pa, scăzînd în schimb pe partea de aer.

În noul amplasament al PATT creșterea randamentului a fost de 1 %. La funcționarea în schema în echicurent, la un alt regim de debite ale ventilatoarelor s-a obținut reducerea temperaturii gazelor de ardere cu 20 K pe seama încălzirii aerului cu 22 K ($Q = 70$ kW). Diagrama variației temperaturii gazelor de ardere, aerului în PATT și peretelui tuburilor termice pentru cele 3 scheme experimentale este prezentată în figura 10. Coeficienții de schimb de căldură au avut valorile $\alpha_g = 65$ /m² · K, $\alpha_a = 57$ W/m² K și $k = 11{,}8$ W/m²·K. Fluxurile termice au avut valorile: $q_a = 87$ W/cm² și $q_r = 2{,}275$ kW/m². Scăderea valorii t_g^{evac} cu 20 K conduce la creșterea randamentului cazanului cu circa 1,55 %.

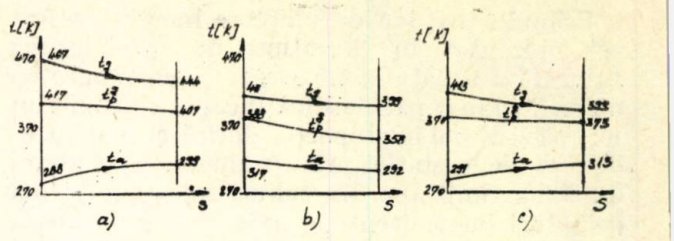


Fig. 10. Diagramele temperaturii PATT: a — schema în echicurent, $t_g^{evac} \approx 470$ K; b—schema în contracurent, $t_g^{evac} \approx 410$ K; c — schema în echicurent, $t_g^{evac} \approx 410$ K; t_g = temperatura gazelor de ardere; t_p = temperatura peretelui tuburilor termice pe partea de gaze de ardere; t_a — temperatura aerului.

5. Comportarea la funcționarea de durată

Față de perioada imediat următoare punerii în funcțiune, după o perioadă îndelungată de ordinul cîtorva ani, performanțele PATT scad. Ele sînt afectate de coroziunea acidă a suprafeței de schimb de căldură care conduce la avarierea și scoaterea din funcțiune a unui număr de tuburi termice cu reducerea corespunzătoare a eficienței PATT (creșterea t_g^{evac}) și de murdărirea suprafețelor care influențează negativ coeficientul de schimb de căldură.

Rezistența la coroziune acidă este funcție, așa cum s-a mai arătat, de valoarea temperaturii peretelui tuburilor termice pe partea de gaze de ardere (t_p^g). Variația t_p^g în sensul circulației gazelor de ardere (în funcție de z — numărul rîndurilor de tuburi termice în PATT) este influențată de schema de circulație a aerului și gazelor de ardere (echicurent sau contracurent).

În figura 11 se prezintă corelația $t_p^g = f(z)$ obținută prin măsurători pe stand pentru o anumită calitate a cărbunelui ars ($s = 2 - 4$ % și $t_r \approx 410$ K). Este transpusă, de asemenea,

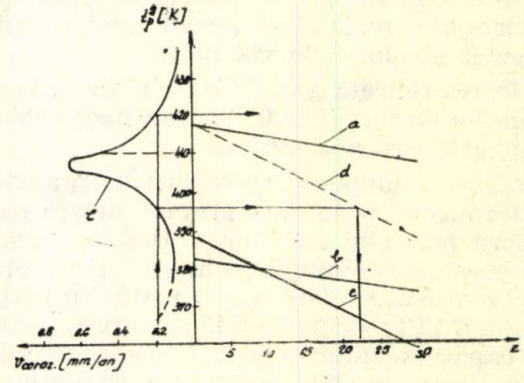


Fig. 11. Variația temperaturii peretelui tuburilor termice (măsurată pe partea de gaze de ardere) în funcție de poziția rîndurilor de tuburi termice în PATT. Rezistența la coroziune a unui PATT funcționînd cu gaze de ardere provenite din cărbune cu S = 2 — 4 % și $t_r^{H_2SO_4} \approx 410$ K: a, b — scheme echicurent; c, d — scheme contracurent; a, d — pentru $t_g^{evac} \approx 470$ K; b, c — pentru $t_g^{evac} \approx 410$ K. Dreapta punctată (d) s-a stabilit teoretic.

variația vitezei de coroziune în funcție de t_p^o, așa cum a fost prezentată în figura 5. Dreptele a și c corespund schemelor în echicurent prezentate în figura 6*a* și *c*, iar dreapta b corespunde schemei în contracurent din figura 6*b*. Dreapta d s-a stabilit teoretic pentru o schemă în contracurent în cazul în care PATT s-ar amplasa în poziția din figura 6*a* ($t_g^{evac} \approx 470$ K).

Analizînd rezistența la coroziune a PATT așa cum apare din figura 11 rezultă următoarele:

1 — la amplasarea PATT înaintea mecanofiltrelor ($t_g^{evac} \approx 470$ K) în schema în echicurent (a) tuburile funcționează într-o zonă cu viteză de coroziune medie (0,2—0,5 mm/an), pericolul de avariere putînd apărea după 5 ani, în timp ce în schema în contracurent (d) rîndurile 8—15 ar funcționa în zona de coroziune maximă, rîndurile 1–7 și 16—22 în cea de coroziune medie, iar rîndurile 23—30 în zona de coroziune nepericuloasă (sub 0,2 mm/an).

2 — la amplasarea PATT după electrofiltre, în schema în echicurent (b), toate tuburile termice sînt supuse unei viteze de coroziune reduse, în timp ce în schema în contracurent (c) începînd cu rîndul 23 există pericolul apariției punctului de rouă al vaporilor de apă și viteza de coroziune poate depăși valoarea de 0,2 mm/an.

Funcționarea de durată a standului în schema b a confirmat concluziile de mai sus. După un an de funcționare s-a constatat prin analiza metalografică un proces de coroziune generalizată pe tot conturul acționînd sub formă de ciupituri deschise cu adîncimea de 0,05—0,2 mm. Așadar, viteza de coroziune fiind sub 0,2 mm/an poate fi considerată nepericuloasă, tuburile termice putînd funcționa fără spargere cel puțin 10 ani.

Din punctul de vedere al eroziunii tuburilor termice s-a constatat că după un an de funcționare tuburile termice introduse într-o zonă cu concentrația mare a cenușii (27 g/m^3) nu au prezentat subțieri importante: primul rînd s-a subțiat în zona cea mai solicitată cu circa 0,3 mm, al doilea rînd cu 0,1—0,2 mm, iar de la al treilea rînd eroziunea nu a mai fost sesizabilă.

Pe unele tuburi termice au apărut, după un an de funcționare, cruste de 0,2—0,4 mm grosime, compoziția chimică indicînd: SO_3=8,8%, Fe_2O_3 = 48,2 % și SiO_2 = 12,2 %. Acestea, împreună cu depunerile de cenușă zburătoare constatate pe aproximativ 10% din suprafață fac să crească coeficientul de murdărire al suprafeței de schimb de căldură ($\varepsilon < 0{,}01$ față de $\varepsilon \approx 0{,}006$ la punerea în funcțiune) și să scadă coeficientul de utilizare a tuburilor termice ($\xi = k_{exp}/k_{teor}$) pînă la valori de circa 0,8. Coeficientul de schimb de căldură rămîne corespunzător și după un an de funcționare (k = = 11—12 W/m$^2 \cdot$ K) în condițiile în care PATT nu a fost curățat.

Etanșeitatea PATT a fost foarte bună, lipsa apariției unei eventuale comunicații între părțile de aer și de gaze de ardere ale PATT fiind constatată prin analiza gazelor de ardere efectuată cu aparatul Orsat. Valorile CO_2 și O_2 au fost practic identice înainte de PATT față de cele de după PATT.

Concluzii

Experimentările pe standul de preîncălzitor de aer cu tuburi termice montat la CET Oradea au dovedit performanțele și rezistența la coroziune foarte bune, comparabile cu cele mai bune realizări prezentate în literatura de specialitate pentru acest tip nou de recuperator de căldură folosit la cazanele de abur.

S-a pus la punct un procedeu eficient de umplere a tuburilor termice, care permite realizarea unei valori mai mari a gradului de utilizare a suprafeței de schimb de căldură a tuburilor termice ($\xi > 0{,}9$).

Comportarea la funcționarea de durată a dovedit fiabilitatea acestui schimbător de căldură care lucrează la un nivel scăzut al temperaturii gazelor de ardere, caracterizat prin pericol de coroziune acidă.

Scăderea temperaturii gazelor de ardere la evacuarea din cazane cu 20—25 K permite creșterea randamentului cazanului de abur cu 1,5—2%. Analiza oportunității prevederii unui preîncălzitor de aer cu tuburi termice la un cazan trebuie să țină seama de calitatea combustibilului ars (în special de conținutul de sulf și în funcție de acesta, de temperatura de rouă acidă a gazelor de ardere), de nivelul temperaturii gazelor de ardere și nu în ultimul rînd de condițiile oferite de cazan (spațiu pentru amplasare și rezervă de presiune la ventilatoarele de gaze de ardere și de aer pentru acoperirea rezistențelor aerodinamice suplimentar introduse).

Alegerea soluției optime de recuperator de căldură cu tuburi termice se face în baza unui calcul tehnico-economic, pentru fiecare caz concret în parte.

Bibliografie

[1] Roșu, A., *Preîncălziloare de aer cu tuburi termice pentru cazane de abur*. În: Energetica, 38, 1985, nr. 8, p. 358 – 369.

[2] Bilegan, I.C. *Tubul termic*. Editura tehnică, București, 1982.

[3] Gavrilov, A.F., Liak, V.Ia. *Vozduhopodogrevateli s promejutocinim teplonositelem*. În: Teploenerghetika, nr. 3, 1965, p. 14—17.

[4] * * * *Rascet vozduhopodogrevateli s promejutocinim teplonositelem*. În: Teplovoi rascet kotelinîh agregatov. Normativnii metod. Ed. Energhiia, Moskova, 1973.

[5] Gavrilov, A.F. *Rascet vozduhopodogrevatelia s promejutocinim teplonositelem*. În: Teploenerghetika, nr. 8, 1966, p. 92—93.

[6] Kroli, L.B., Rozengauz, I.N. *Konvektivniie elementi moșcinîh kotelinîh agregatov*. Ed. Energhiia, Moskova, 1976.

[7] Neaga, C. *Cîmpurile de temperaturi în preîncălzitorul de aer cu agent termic intermediar.* În : Energetica, nr. 12, 1976, p. 441—446.
[9] Semena, M. G. şi Juk, S. K. *Issledovania professov ghidrodinamik faz v besfitilinih teplovih trubah na vode.* În : Teploenerghetika, nr. 3, 1976, p. 82—84.
[9] Gavrilov, A. F. *Ob optimalinih parametrah v vozduhopodogrevatele s promejutocinim teplonositelem.* În : Teploenerghetika, nr. 9, 1965, p. 83—86.

(Primit la 23 februarie 1984, acceptat la 13 februarie 1985)

Tehnologii chimice în energetică. Poluare

Analiza termică—o nouă metodă de investigare a comportării cărbunilor în procesul de ardere

Ing. Ioana Goleşteanu *

The Thermal Analysis - A New Investigation Method for the Coals' Behaviour During the Burning Process

(Condensed from the paper in Romanian)

The information provided by the thermal analysis methods assisted by a Paulik-type derivatograph enables its use in the coals behaviour study during ignition and burning. The exemplification on the Anina bituminous shale has permitted to demonstrate that the new proposed method is more confortable and rapid to be carried out than the presently applied technical analysis, but is at the same time more complete since it indicates the temperatures at which the different processes are initiated or ended as well as those for which the transformation speed is maximal.

By an automatic registration a derivatogram is obtained which contains the ATD curves, i.e. differential thermal analysis curves, TG curves, i.e. thermogravimetric ones, DTG curves, i.e. differential thermogravimetric ones, and T curves, i.e. time temperature curves. Their complementar analysis outlines the following aspects of the ignition and burning of the analysed shale (simulated by heating up a sample at/a constant speed rate) :

— the existence of an endothermal process which takes place up to 260 C, at a variable speed rate, reaching a maximum at 160°C and which corresponds to a coal drying process to which some — low share — peroxides formation phenomena and volatile releasing phenomena are superimposed ; the sample mass decreases by 1.77 % ;

— volatiles' releasing when two maximums are reached, at 390°C and 480°C respectively, ending at about 580°C and resulting in a sample mass variation with 12.85 %, with a special mention of the fact that the volatiles' releasing moment corresponds practically to the coal ignition moment ;

— the coal type refuse burning process reaching a maximal speed rate at about 660°C/ and which slows down later due to the carbon concentration decrease and to the oxygen content decrease at the reaction surface as a result of the diffusional resistance increase in the oxydant's penetration process ; the sample mass reduction attains 9.1 %, the rest of 76.28 % considered as being ash ;

— the intersection point between ATD and T at 780°C, after which the curve T surpasses the other one, signifies the fact that the direction of the flow within the oven has been changed, the coal sample receiving heat from the environment. This observation is important for the establishing of the burning gas temperature at the furnace exit.

Introducere

Prin metode termice de analiză se înţeleg, în general, acele metode cu ajutorul cărora se urmăreşte variaţia unui parametru fizic sau a mai multor parametri ai unui sistem, în funcţie de modificarea temperaturii lui [1], [2].

După principiul înregistrării variaţiei temperaturii, respectiv a masei, pe care o suferă sistemul în timpul tratamentului termic, există următoarele metode principale :

— metoda analizei termice diferenţială (ATD)
— metoda termogravimetrică (TG) ;
— metoda termogravimetrică diferenţială (DTG).

Cele trei metode (ATD, TG şi DTG) sînt complementare, în sensul că datele furnizate

* Ing. Ioana Goleşteanu — Facultatea de mecanică — Institutul Politehnic „Traian Vuia" — Timişoara.

de una necesită uneori — pentru o interpretare corectă și cunoașterea celorlate curbe. Această necesitate a dus la realizarea unor aparate complexe, care permit trasarea concomitentă a celor trei curbe. Un asemenea aparat este derivatograful prezentat schematic în figura 1.

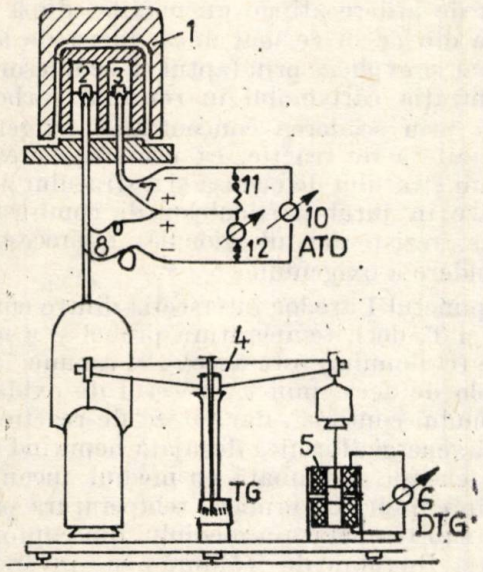


Fig. 1. Schema unui derivatograf.

În principal, derivatograful este format din cuptorul **1**, suportul probei **2** și al etalonului **3**, balanța **4** pentru înregistrarea curbei TG, iar prin sistemul electromagnetic **5** și galvanometrul **6**, curba DTG. În componența aparatului mai intră termoelementele **7** și **8**, legate diferențial, milivoltmetru **9** cu care se poate înregistra curba $T_E = f(\tau)$ sau $T_P = f(\tau)$ (după poziția comutatoarelor **11** și **12**), precum și milivoltmetrul **10** cu ajutorul căruia se înregistrează curba ATD.

Deoarece la înregistrarea automată curbele TG, ATD și DTG se obțin în funcție de timp, mai este necesară trasarea și celei de a patra curbe $T = f(\tau)$, care poate fi $T_P = f(\tau)$ sau $T_E = f(\tau)$, ultima posibilitate fiind mai des folosită.

Derivatograful lucrează complet automatizat, cele patru curbe se înregistrează direct pe o hîrtie fotografică și obținîndu-se astfel, o derivatogramă. Atunci cînd este necesar, derivatograful mai poate fi dotat cu o instalație pentru analiza gazelor rezultate din descompunerea probei și de asemenea cu o instalație care permite realizarea unei atmosfere controlate în cuptor (N_2 , Ar etc.) [1], [2].

Aplicarea metodelor de analiză termică în studiul cărbunilor

Metodele de analiză termică sînt aplicate mai ales în chimie pentru punerea în evidență a intervalelor și cineticii unor transformări ca, de exemplu : topirea, evaporarea, sublimarea, cristalizarea, adsorbția, transformări polimorfe, reacții în faza solidă, deshidratări, oxidări, descompuneri termice etc.

Paleta largă a informațiilor oferite de metodele de analiză termică ne-a sugerat ideea folosirii acesteia pentru a studia comportarea cărbunilor în procesul de aprindere și ardere. Pentru exemplificare, în cele ce urmează se prezintă rezultatele cercetării experimentale a șisturilor bituminoase de Anina, efectuate cu ajutorul derivatografului tip Paulik, aflat în dotarea laboratoarelor Institutului Politehnic, dar procedeul poate fi aplicat oricărui alt cărbune.

Principalele date care au caracterizat regimul de lucru al derivatografului au fost :

— masa probei : 450 mg;
— material inert : alumină;
— creuzet : platină;
— sensibilitate : 200 mg;
— temperatura T : 1000°C;
— sensibilitatea TG : 200 mg;
— sensibilitate DTA : 1/5;
— temperatură cuptor : 1000°C;
— atmosferă cuptor : aer;
— viteza de încălzire : 10°C/min;
— durata încălzirii : 100 min.

Derivatograma rezultată este prezentată în figura 2.

Din analiza curbei DTA și TG se evidențiază existența unui proces endotermic, care se petrece cu consum de energie termică proporțională cu suprafața picului ABC, însoțit de o variație a masei probei de circa 1,77 %. Procesul endotermic se petrece cu viteză variabilă, atingînd un maxim la 160°C și durează pînă în punctul C, adică pînă la atingerea unei temperaturi a cuptorului de 260°C.

Dacă la început procesul endotermic corespunde cu siguranță unui proces de eliminare a umidității, mai tîrziu, odată cu creșterea temperaturii, peste procesul de uscare se suprapun o serie de procese complexe, marcate de fenomene de deshidratare a unor minerale argiloase (haloisit, montmorilonit, alofan), dovedite că există în masa probei [3], precum și de formarea peroxizilor și degajarea volatilelor. Se confirmă astfel precizările făcute de Knorre [4] și Buimovici [5] că apa de adsorbție, care se găsește în capilarele unui cărbune, este cedată total la temperaturi superioare limitelor de 100—105 °C, recomandate de STAS.

În punctul *C* apare un echilibru dinamic între energia termică consumată în procesele endotermice (deshidratarea, formarea volatilelor) și energia termică degajată în procesele exotermice (formarea peroxizilor, degajarea volatilelor).

Procesul de degajare a volatilelor, început înainte de punctul C de pe curba ATD, continuă, atingînd o viteză maximă în punctul D, după care scade lent pînă în punctul E, crește din nou pentru a atinge cel de-al

doilea maxim în punctul F, ca pe urmă să scadă destul de rapid pînă în punctul G, cînd se consideră că procesul de degajare a volatilelor s-a încheiat.

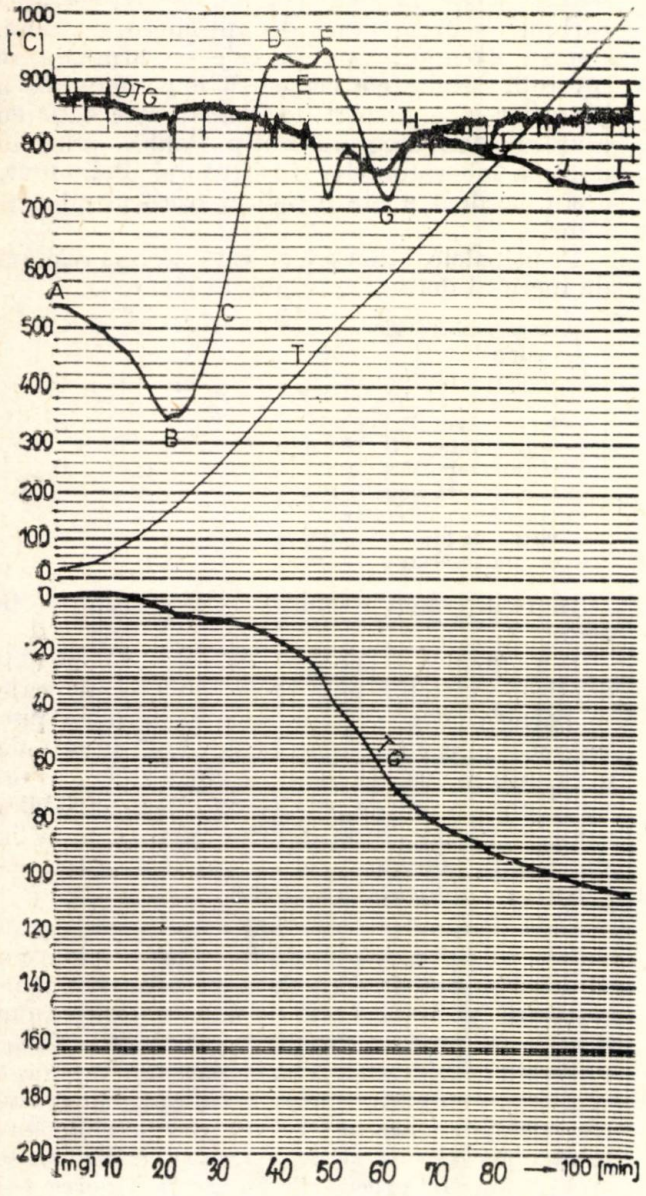


Fig. 2. Derivatograma şisturilor bituminoase de Anina.

Alura curbei ATD în porţiunea CDEFG este în deplină concordanţă cu valorile din literatura de specialitate [4, 6, 7], care precizează, pe de o parte, că momentul degajării volatilelor corespunde practic cu momentul aprinderii cărbunelui, iar, pe de altă parte, că pentru anumiţi cărbuni, în special cei tineri, există două maxime de degajare a volatilelor, care se plasează în intervale de temperatură specifice fiecărui cărbune. Viteza de degajare a volatilelor prezintă cîte un maxim în punctele D şi F, cărora le corespund temperaturile de 390°C şi 480°C. Procesul de degajare a volatilelor se poate considera practic încheiat în punctul G (căruia îi corespunde temperatura de circa 580°C) şi se soldează cu o variaţie a masei probei de 12,85%.

În continuare are loc procesul de aprindere şi ardere a reziduului carbonos. În punctul corespunzător unei temperaturi de circa 660°C, viteza de ardere atinge un maxim, după care devine din ce în ce mai mică, lucru de altfel aşteptat şi explicat prin faptul că se micşorează concentraţia carbonului în reziduul carbonos, dar şi prin scăderea concentraţiei oxigenului la suprafaţa de reacţie, ca urmare a creşterii grosimii stratului de cenuşă şi a stratului limită de gaze în jurul particulelor de combustibil, deci a rezistenţei difuzionale în procesul de pătrundere a oxigenului.

În punctul I are loc intersecţia dintre curbele ATD şi T, deci, temperatura probei şi a masei inerte (etalonului) este aceeaşi şi anume 780°C. Dincolo de acest punct, procesul de oxidare a carbonului continuă, dar viteza de reacţie este redusă, energia termică degajată neputînd echilibra energia schimbată cu mediul înconjurător din cuptor. Ca urmare, temperatura probei scade sub temperatura mediului din cuptor, iar direcţia fluxului de căldură se inversează, proba primind căldură de la mediul din cuptor. Această observaţie merită să fie reţinută în vederea dimensionării corespunzătoare a focarului şi stabilirii unei anumite temperaturi a gazelor de ardere la părăsirea focarului, mai ales la sarcini mai mici decît cea nominală.

În faza de ardere a reziduului carbonos se produce o scădere a masei probei cu 9,1%, iar ceea ce rămîne din aceasta la încheierea experimentului este cenuşa, care reprezintă 76,28%.

Tabelul 1

Date comparative privind analiza tehnică a şistului bituminos de Anina

Denumirea	Dim	Valori prezentate în [8]		Valori rezultate din curba TG	Valori convertite pentru $W_t = 6{,}5\%$
		Banda de calitate termo	Valori medii		
Cenuşă, A^i	%	69,4—72,2	69,7	76,28	72,61
Umiditate totală, W_t^i	%	6—8	6,5	1,77	6,5
Materii volatile, V	%	10—15	12,0	12,85	12,23
Carbon, C^i	%	9—14	10,0	9,1*	8,66*

*) Carbon fix C.

Valorile componentelor analizei tehnice a șistului bituminos de Anina, obținute de autoare, se înscriu în limita valorilor prezentate în tabelul 1 [9, 10].

Conținutul de carbon fix $C = 8{,}66\%$ mai mic decît conținutul de carbon raportat la proba inițială $C^i = 10\%$ confirmă constatarea făcută de A. Karcz și M. Zembruski [8], care, studiind cu ajutorul radiațiilor infraroșii comportarea cărbunelui în timpul arderii, au constatat că în cazul lignitului arderea carbonului se produce și în timpul arderii volatilelor.

În figura 3, reprodusă după [8], sînt trasate două curbe obținute la arderea unei particule de lignit cu dimensiunea de 500 μ, introdusă într-o cameră de ardere cu temperatura de 750°C. Curba superioară corespunde arderii volatilelor, iar cea inferioară arderii carbonului

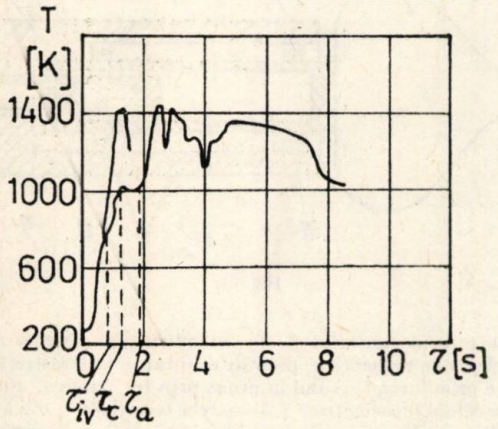


Fig. 3. Dependența $T = f(\tau)$ la arderea unei particule de lignit ($d = 500$ μ) introdusă într-o cameră cu $T = 1023$ °K.

din masa solidă. Perioada scursă pînă la aprinderea volatilelor τ_{iv} este mai scurtă decît cea necesară aprinderii carbonului din masa solidă τ_c, dar autorii articolului citat consideră drept temperatură de aprindere valoarea atinsă după scurgerea intervalului de timp τ_a, cînd se produce echilibrul termic particulă-cameră.

Conținutul de cenușă $A^i = 72{,}61\%$ rezultat din curba TG, mai mare decît valoarea medie ($A^i = 69{,}7\%$), se explică prin faptul că la temperatura maximă a cuptorului de 1000°C, procesul de ardere a reziduului carbonos nu s-a încheiat, motiv pentru care în cercetările viitoare se va lucra cu temperaturi pînă la 1500°C.

Cele prezentate mai sus permit să se afirme că analiza termică efectuată cu ajutorul derivatografului poate completa analiza tehnică a cărbunelui, determinată conform STAS. Noua metodă se execută mai comod și mai rapid, este în același timp mai precisă oferind date suplimentare prin indicarea valorilor temperaturilor la care apar și se termină diversele procese (uscare, degajare de volatile, arderea reziduului carbonos), precum și ale temperaturilor pentru care viteza de transformare este maximă.

Cunoașterea curbelor $TG = f(\tau)$ și $T = f(\tau)$ permite determinarea vitezelor de transformare cu care se produc anumite procese, între care și cel al arderii reziduului carbonos, care deține un rol determinant în procesul de ardere al unui cărbune.

Se consideră că metoda de analiză termică a unui cărbune își va găsi în viitor un loc sigur printre celelalte metode de investigare, folosite astăzi în mod curent.

Bibliografie

[1] Bechere scu, D. și colab. *Metode fizice în chimia silicaților*, Ed. științifică și enciclopedică, Buc. 1977.

[2] Winter, Fr. și colab. *Metode de investigare și de analiză din chimia solidului*. Centrul de multiplicare I.P. Timișoara, 1983.

[3] Becherescu, D. și colab. *Studii asupra șisturilor carbonoase de Anina*, Materiale de construcții, vol. X, nr. 2, 1980, p. 88—90.

[4] Knorre, G.F. *Procese de ardere în focare*. Ed. Energetică de Stat, 1955.

[5] Buimovici, D. *Studiul cîtorva proprietăți ale ligniților din RPR și ale semicocsului lor*. Ed. Acad. RPR, 1955.

[6] Ungureanu, C. *Generatoare de abur pentru instalații energetice clasice și nucleare*. EDP, Buc. 1977.

[7] Carabogdan, I., Pănoiu, N. *Bazele teoretice ale aprinderii și arderii combustibililor solizi*. Ed. Acad. RSR, 1969.

[8] Karcz, A., Zembrzuski, M. *Investigations of Coal Combustion Using a Thermographic Method, Combustion and Flame 45*, p. 95—98, ed 1982.

[9] Bălan, V. *Asupra unor însușiri energetice și tehnologice ale șisturilor bituminoase din bazinul Anina, privind valorificarea extensivă*. În: Energetica, 28, 1975, nr. 2, p. 68—74.

[10] Bălan, V. *Utilizarea metodelor matematice pentru stabilirea caracteristicilor energetice ale șisturilor cărbunoase*. În: Energetica, 28, 1980, nr. 1—2, p. 25—30.

(Primit la 15 ianuarie 1985, acceptat la 26 februarie 1985)

Invenții — Inovații*

(54) Titlul : **Traductor de număr de ture ale moriștii hidrometrice**
(72) Inventator : Andrei Ghițescu
(21) Dosar : 108165
(22) Data înregistrăriii : 16.07.1982
(45) Data publicării : 30.03.1984
(51) Clasificare internațională : G06M1/272
(11) Brevet România : 82937
(73) Titular : Institutul de Cercetări și Modernizări Energetice — București

Invenția se referă la un traductor al numărului de ture ale moriștii hidrometrice, care măsoară viteza unui fluid, într-un punct dat al curgerii sale.

Sînt cunoscute două sisteme de traducere a turației moriștii hidraulice în semnale electrice, și anume :

— traductor prin contact electromecanic ; aceasta constă din prezența pe axul moriștii a unei came care întîlnește la fiecare tură un contact electric elastic ; pentru a ușura funcționarea acestui contact, în interiorul moriștii există un demultiplicator în așa fel încît să dea un semnal la mai multe ture (de obicei un contact la 1—5 ture) ;

— traductor electromagnetic ; acesta constă dintr-o pereche de magneți permanenți cu polarități inverse, înglobați într-o piesă care se rotește solidar cu paleta ; în corpul moriștii există un contact electric în vid care se închide periodic sub impulsul fluxului magnetic rotitor.

Prima soluție prezintă dezavantajul că semnalul electric emis are valori pulsatorii datorită imperfecțiunii contactului elastic, riscînd să se numere două sau mai multe impulsuri pentru un contact.

Cea de a doua soluție prezintă dificultatea confecționării piesei rotitoare cu magneții înglobați și a prelucrării prin rectificare la toleranțe foarte strînse cu scule speciale ; acest dezavantaj este accentuat de faptul că magneții își pierd în timp proprietățile și piesa rotitoare trebuie confecționată din nou, cu magneți noi.

Dispozitivul conform invenției, înlătură dezavantajele sus-menționate, prin aceea că este constituit dintr-un microbec, introdus în interiorul unui dorn încastrat în fundul corpului moriștii, care creează un flux luminos dirijat periodic, prin niște ferestre practicate în axul paletei, spre o fotocelulă dispusă în corpul moriștii.

Funcționarea moriștii hidrometrice (fig. 1) se bazează pe faptul că ea reprezintă o microturbină a cărei turație este proporțională cu viteza fluidului ce o acționează, conform formulei :

$$v[\mathrm{m/s}] = \alpha n + \beta,$$

unde α și β sînt coeficienți experimentali obținuți prin etaloane, iar n este turația moriștii în rot/s. Deci rezultă că în componența moriștii trebuie să existe un sistem care traduce numărul de ture în semnale electrice care pot fi transmise și prelucrate la exterior.

În corpul fix 1 al moriștii este încorporată o celulă fotoelectrică 2, prin intermediul unei piese de legătură 3, care permite montarea și schimbarea fotocelulei la nevoie.

În axul 4 al moriștii, care se rotește cu paleta P și este gol în interior, sînt practicate un număr de ferestre a (1—6 ferestre), rotirea axului fiind asigurată prin rulmenții 5.

În fundul corpului 1 al moriștii este încastrat un dorn găurit la interior 6, care pătrunde în golul din interiorul axului 4 al moriștii, fără să aibă contact cu acesta.

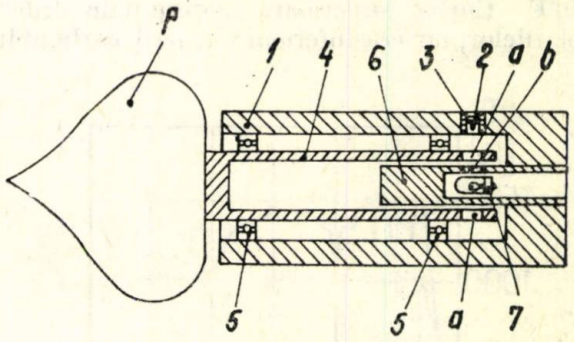


Fig. 1

În interiorul dornului 6 se introduce un microbec 7 și firele electrice respective, pînă în dreptul unei ferestre b care permite orientarea fluxului luminos prin ferestrele a, din axul 4, către celula fotoelectrică 2. Deoarece ferestrele a din axul 4 sînt rotitoare, fluxul luminos al becului 7 va impulsiona celula fotoelectrică 2, în mod periodic cu o frecvență egală cu frecvența rotirii paletei moriștii, multiplicată cu numărul de ferestre a.

În acest fel, în funcție de numărul ferestrelor a, frecvența impulsurilor electrice emise de fotocelula 2 poate să fie de 1...6 ori mai mare decît frecvența rotirii paletei moriștii (dacă numărul ferestrelor este de 1...6).

În exterior, aceste impulsuri se transmit prin conductoare electrice : un conductor al becului și un conductor al celulei. Circuitele becului și fotocelulei se închid prin masa corpului moriștii.

Atît becul, cît și celula fotoelectrică sînt înglobate în piese fixe izolate, ferite deci de surse de deteriorare datorate mișcării.

Traductorul, conform invenției, prezintă următoarele avantaje :

— permite înlocuirea ușoară a becului și fotocelulei în caz de defectare ;

— frecvența impulsurilor poate să fie de 1...6 ori mai mare decît frecvența rotirii paletei moriștii, ceea ce permite folosirea moriștii și la viteze mici și variabile ale fluidului ;

— prezintă simplitate în execuție și precizie ridicată.

Referințe bibliografice
Brevet, R.S.R., nr. 72457
Brevet, Franța, nr. 2358709

* Rubrică întocmită de ec. Rodica Rișcanu — șef Colectiv Protecția Proprietății Industriale — IGEMENERG, București.

Din istoria tehnicii

- Dacă un meşter constructor ridică unui om o casă şi o termină, acesta trebuie să-i dea ca plată doi shekeli de argint pentru fiecare sar. (1 shekel = 360 grăunţe de grîu ; 1 sar = 14,88 M^2)
- Dacă un meşter constructor ridică unui om o casă, iar construcţia sa nu este solidă, astfel încît se prăbuşeşte şi provoacă moartea proprietarului, acest meşter constructor trebuie ucis.
- Dacă prăbuşirea casei produce moartea unui fiu al proprietarului, atunci un fiu al meşterului constructor va fi ucis.
- Dacă cu această ocazie moare un sclav al proprietarului, meşterul constructor îi va da acestuia un sclav de valoare echivalentă.
- Dacă cu ocazia prăbuşirii casei sînt distruse bunuri, meşterul constructor va reconstrui tot ce s-a distrus ; deoarece el n-a construit o casă destul de solidă, el o va reconstrui pe cheltuiala sa.
- Dacă un meşter constructor construieşte o casă şi nu face construcţia destul de solidă, astfel încît se prăbuşeşte un perete, el o va reconstrui mai solid pe cheltuiala sa.

(Extras din „Codul Hammurabi", sec. 18 î.e.n., reluat în articolul „Asigurarea calităţii construcţiei CNE" din revista VGB 65, mai 1985, p. 457)

Pt. conf. dr. ing. Călin Mihăileanu

Recenzie

R. ENACHE. **Aspecte statistice ale coordonării izolaţiei liniilor electrice.** Editura tehnică, Bucureşti, 1984, 263 p.

În contextul amplelor cercetări ce se desfăşoară astăzi în lume în domeniul electroenergeticii, orientate spre dimensionarea optimă a instalaţiilor cu respectarea gradului de siguranţă necesar în funcţionarea acestora, coordonarea izolaţiei reprezintă o temă prioritară. Pe această direcţie se înscrie şi lucrarea cu titlul de mai sus apărută în seria „Electroenergetica" a Editurii tehnice.

Lucrarea prezintă aspecte statistice ale coordonării izolaţiei liniilor electrice aeriene (LEA) de înaltă tensiune la supratensiuni de comutaţie, ştiut fiind că pe măsura creşterii tensiunilor de serviciu devin tot mai importante supratensiunile de natură internă în ceea ce priveşte alegerea izolaţiei şi, totodată, asigurarea nivelului rigidităţii dielectrice a echipamentelor implică costuri tot mai mari.

Utilizînd metodele moderne statistice, lucrarea urmăreşte estimarea corectă a legilor de repartiţie a mărimilor caracteristice pentru supratensiunile interne şi pentru tensiunile de amorsare ale izolaţiei în vederea obţinerii unor rezultate cît mai apropiate de solicitările reale ce apar în exploatare.

Problemea fazei la comutaţia LEA este tratată distinct, iar determinarea riscului de descărcare a izolaţiei în diferite ipoteze de repartiţie a amplitudinii supratensiunilor de comutaţie şi tensiunii de descărcare s-a făcut cu considerarea duratei reale a frontului undelor de supratensiune. Abordarea pe baze statistice a coordonării izolaţiei LEA a avut în vedere faptul că un proiect optim raţionalizat trebuie realizat în condiţiile minimizării cheltuielilor de construcţie, exploatare şi a riscului de producere a unor amorsări ale izolaţiei cu consecinţele negative ale acestora. Cunoaşterea riscului de producere a acestor amorsări depinde de gradul de cunoaştere a elementelor care permit calculul acestui risc. Avînd drept obiectiv o cît mai bună cunoaştere a mărimilor caracteristice ale supratensiunilor de origine internă în LEA, autorul a propus o metodologie originală de analiză, folosind un material bibliografic bogat (135 referinţe bibliografice).

Metodologia asigură verificarea caracterului aleator al datelor, verificarea omogenităţii selecţiilor obţinute pe diferite faze, eliminarea datelor ce diferă semnificativ de restul grupului, verificarea diferitelor ipoteze de repartiţie statistică şi estimarea parametrilor în aceste cazuri.

Analizînd factorii care determină caracterul statistic al supratensiunilor de comutaţie şi al tensiunii de descărcare a izolaţiei, autorul realizează o sinteză a concluziilor şi în acelaşi timp o tratare a metodelor de determinare pentru aceste supratensiuni. Sînt prezentate valorile care au stat la baza calculului şi modelării pe un model de regimuri tranzitorii şi se analizează, din punct de vedere statistic, rezultatele obţinute. Structurată pe 8 capitole şi 13 anexe, lucrarea la care ne referim pune la dispoziţia cititorilor un material de înaltă ţinută ştiinţifică, îmbinînd în mod fericit aspectele teoretice cu cele practic - aplicative.

Sînt de reţinut în acest sens numeroasele rezultate experimentale obţinute în sistemul electroenergetic românesc pe model sau pe calculator numeric, programele de calcul prezentate evidenţiind caracterul aplicativ al lucrării.

Cartea se adresează în egală măsură atît inginerilor care lucrează în activităţile de cercetare, proiectare şi exploatare a sistemelor electroenergetice, cît şi studenţilor sau specialiştilor care îşi adîncesc cunoştinţele în cadrul cursurilor postuniversitare sau pentru obţinerea doctoratului. Prin calităţile sale ştiinţifice şi didactice, lucrarea se constituie într-un tratat de referinţă pentru seria în care apare, ceea ce, desigur, îi va conferi o bună primire în rîndul publicului cititor.

Ing. Romulus Sfichi

СОДЕРЖАНИЕ

ДУМИТРУ ТЯЧИ, НЕКУЛАЙ ХУРДУК: Соображения по вопросу использования растительной биомассы Румыния в качестве источника возобновления энергии 385—391

НИКОЛАЕ ОПРИЩИУ, ЛИВИУ КАНЧУ: Координированный выбор электрического оборудования из собственных нужд электростанций (ТЭС, ТЭЦ, АЭС) 392—394

КОНСТАНТИН МУНТЯНУ, МИХАЙ МОКАНУ, ИОН ДИАКОНУ: Концепция проектирования составляющих элементов ВЛ, учитывая опыт работы под напряжением в С.Р. Румынии (с представлением на английском языке) 394—399

БАЛАЗС МАТХЭ, ВАЛЕРИУ ПАНАИТЕ: Рост надежности в работе электрических кабелей путем испытаний на безопасность (с представлением на английском языке) 399—405

ГЕОРГЕ ИОНАШКУ: Системы дистанционного управления (телеуправления) трансформаторными подстанциями и взаимосвязанными цепями и способ решения некоторых связанных с ними вопросов 405—411

РОМУЛУС СФИКИ: Аспекты по инвентаризации и освоению ветрового энергетического потенциала в плоскогорье Сучавы 411—415

АНТОН РОШУ: Воздухоподогреватели с термическими трубками. Проведение опытов на ТЭЦ Орадя 416—424

ИОАНА ГОЛЕШТЯНУ: Тепловой анализ — новый метод исследований поведения угля в процессе сжигания (с представлением на английском языке) 424—427

НОВАТОРСТВА-ИЗОБРЕТЕНИЯ 428
ИЗ ИСТОРИИ ТЕХНИКИ 429
РЕЦЕНЗИЯ 429

INHALT

DUMITRU TEACI, NECULAI HURDUC: **Betrachtungen zu den als erneuerbare Energiequelle auswertbaren Resourcen an Pflanzenmasse in Rumänien** 385—391

NICOLAE OPRIŞIU, LIVIU CANCIU: Zielorientierte Auswahl der Eigenbedarfs-Ausrüstungen der Kraftwerke (WKW, HKW, KKW) 392—394

CONSTANTIN MUNTEANU, MIHAI MOCANU, ION DIACONU: Konzept zur Projektierung der Bestandteile für HS-Freileitungen unter Berücksichtigung der in S. R. Rumänien vorliegenden Erfahrungen be Arbeiten unter Spannung (mit Kurzfassung in englischer Sprache) 394—399

BALASZ MÁTHÉ, VALERIU PANAITE: Erhöhung der Betriebszuverlässigkeit von Kabelleitungen aufgrund von Lebensdauerversuche (mit Kurzfassung in englischer Sprache) 399—405

GHEORGHE IONAŞCU: Fernleitsysteme für Umspann-Umschaltanlagen sowie Lösungen einiger Zusammenhänge 405—411

ROMULUS SFICHI: Aspekte der Inventur und Auswertung der auf der Suceava Hochebene bestehenden Windkraft-Potentials 411—415

ANTON ROŞU: Wärmerohr-Luftvorwärmer. Versuche im HKW Oradea II 416—424

IOANA GOLEŞTEANU: Die thermische Analyse — eine neue Methode zur Erforschung des Verhaltens von Kohle im Verfeuerungsprozess 424—427

ERFINDUNGEN—NEUERUNGEN
AUS DER GESCHICHTE DER TECHNIK
RECENZIONEN

SOMMAIRE

DUMITRU TEACI, NECULAI HURDUC: Considérations sur les ressources de phytomasse de la Roumanie qui peuvent être utilisées en source renouvable d'énergie 385—391

NICOLAE OPRIŞIU, LIVIU CANCIU: Le choix coordonné de l'équipement électrique des services propres des centrales électriques (centrales thermo-électriques, centrales électro-thermiques, centrales nucléaire-électriques 392—394

CONSTANTIN MUNTEANU, MIHAI MOCANU, ION DIACONU: La conception de projection des composants des LEA à haute tension basée sur l'expérience de travail sous tension de la République Socialiste de Roumanie (*avec résumé en anglais*) 394—399

BALÁZS MÁTHÉ, VALERIU PANAITE: L'accroissement de la sécurité de fonctionnement des cables électriques par des essais de fiabilité (*avec résumé en anglais*) 399—405

GHEORGHE IONAŞCU: Systèmes de téléconduite des postes de transformation et connections et la méthode de résoudre quelques implications 405—411

ROMULUS SFICHI: Aspects concernant l'inventaire et la mise en valeur du potentiel énergétique du vent à l'aide du plateau Suceava 411—415

ANTON ROŞU: Rechauffeurs d'air à caloducs. Expérimentations à la centrale électro-thermiqnue Oradea 416—424

IOANA GOLEŞTEANU: Analyse thermique — une méthoe nouvelle d'analyse du comportement des charbons pendant la combustion (*avec résumé en anglais*) 424—427

INVENTIONS — INNOVATIONS 428
DE L'HISTORIE DE LA TECHNIQUE 429
COMPTE—RENDU 429

SUMMARIES

DC 620.95.001.5

DUMITRU TEACI, NECULAI HURDUC : Considerations Regarding the Romanian's Plant Mass (vegetal biomass) Resources wich Can be Used as Renowable Energy Source

Starting from some data presented in the literature, as wel as from some original data, the main quantitative and qualitative characteristics concerning the plant mass (vegetal biomass) which can be obtained in our country, as renewable energy source, from the cultivated fields and spontaneous vegetation are presented. Then a short analysis concerning the conversion technologies used to convert the biomass into energy carriers is made and the possibilities and practical application of the plant mass, in our country conditions, to assure the energy demand for the agriculture unities and the rural areas are presented.

[*Energetica 33 (1985), nr. 9, p.* 385—391]

DC 621.311.25.005

NICOLAE OPRIȘIU, LIVIU CANCIU: The Coordinated Choice of Power Plants Auxiliaries Electric Equipment

The paper describes the choice manner and criteria for the large units power plants auxiliaries electric equipment. Depending on the bus load and largest power motor tripping, capability curves have been set up which consider the imposed operational restrictions. The capability curves can be applied for the installation dimensioning.

[*Energetica 33 (1985), nr. 9, p.* 392—394]

DC 621.315.004

CONSTANTIN MUNTEANU, MIHAI MOCANU, ION DIACONU : The Design Concept of High Voltage OHELs Considering the Live Line Work Experience in Romania *(with a short presentation in English)*

The paper pinpoints the legal framework of applying live line work on 110—400 kV OHELs in Romania and presents the main provisions of the regulations concerning the live line works in these installations.

The main operation and servicing activities carried out on the live OHEL in Romania are presented shortly as well as some implications of applying live line technologies on the existent OHELs.

As what regards the extension of live work on 110—400 kV OHELs the major task to be fulfilled is the adapting of new OHELs for live line work according to the "potential" method.

Metallic support posts for 110 kV double circuit OHELs and for 400 kV simple and double circuit OHELs have been designed. Revision designs for old 110 and 220 kV simple and double circuit OHELs and multiple circuit OHELs (4×110 kV and $2\times110 + 2\times220$ kV) have been elaborated as well.

[*Energetica 33 (1985), nr. 9, p.* 394—399]

DC 621.315.2.027.3

BALÁZS MÁTHÉ, VALERIU PANAITE : Increase of the Electric Cables Security by Reliability Tests

After describing the theoretical bases of the first reliability tests carried out on the Romanian electric power equipment and cables with the Energy Research and Modernising Institute — ICEMENERG, the paper indicates a calculation method for the economical efficiency of these tests.

[*Energetica 33 (1985), nr. 9, p.* 399—405]

DC 621 311.4 : 621.398

GHEORGHE IONAȘCU : Remote Control Systems of Transformer and Switching Yards and Solutions

The experience of more than two decades of remote controlled substantions has enabled the author to elaborate the following concept for the remote control (subsystems of switching yards conditions by the microprocessors implementation.

The switching yards for voltages up to 110 kV includingly, whose consumers are supplie, in case of break-downs, automatically from the reserves, or accept a supply interruption of about 30—60 minutes, should have the survey, operation manoeuvres and operative management ensured by dispatcher from a central management location. This one should be the last dispatcher stage, the operating dispatcher being assisted and partially replaced by a proces minicomputer.

The switching yards for voltages surpassing 110 kV with important consumers or important power system nodes should be managed operatively by the higher dispatcher stages, the data processing being provided at the level of necessities and importance of these stages. The survey and operation manoeuvres should be carried out by the personnel in shift or at home assisted or partially replaced by the microprocessor.

Both subsystems range within the remote control system of the national energy system. There also exist some links which should provide the flowing of an information minimum between the three dispatcher stages and with the technical administration management centers.

The author presents for the first category of substations the optimal organization version of the wandering personnel carrying out usual maintenances and accidental interventions.

The optimal solution is given for the organizing, subordination and job assignment for the last integrated dispatcher stage in the above shown manner in the yards remote control subsystem.

[*Energetica 33 (1985), nr. 9, p.* 405—411]

DC 621.311.24.001.6

ROMULUS SFICHI : Aspects Regarding both the Inventory and the Turning into Account of the Suceava Platean Wind Power Potential

Based on the presentation of the general background outlining the aspects concerning the wind potential inventory and turning into account in SRR, the simplifiéd computing relations are presented, followed by some remarks regarding the study drawn up in the period 1978—1980 on the Suceava Plateau wind power potential sorting. Finally, an application describing a wind micropower station design in this region of the country — the Teișor Hill — Mihovani — of the TEV—20 type is presented, the author demonstrating the possibility of getting some technical-economical indicators which are competitive as against the standard power sources.

[*Energetica 33, (1985), nr. 9, p.* 411—415]

DC 621.187.001.6

ANTON ROȘU : Stand Tests Regarding Heat Pipes Air Preheaters

The stand tests for a heat pipes air preheater installed in parallel with the flue gases channel of the 165 t/h boiler from the heat power plant Oradea are presented. The performances of this air preheater have been set up and its long duration corrosion resistance has been demonstrated.

[*Energetica 33 (1985), nr. 9, p.* 416—424]

DC 621.1.01.001.5

IOANA GOLEȘTEANU : The Thermal Analysis — A New Investigation Method for the Coals Behaviour During the Burning Process (with a short presentation in English)

The information offered by the thermal analysis methods have led to the idea to use them for the study of coal behaviour during the ignition and burning process. The exemplification carried out for the Anina bituminous shale enabled to demonstrate that the new proposed method can be carried out more comfortably and rapidly than the technical analysis used at present and at the same time it is more precise and complete since it indicates the temperature values for the occurence and completing of several processes (drying, volatiles release, carbon waste burning) as well as the temperatures for which the transformation speed reaches a maximum.

[*Energetica 33 (1985), nr. 9, p.* 424—427]

INVENTION — INNOVATIONS 428

FROM THE TECHNICS' HISTORY 429

REVIEW 429

COLEGIUL DE REDACȚIE

Președinte, redactor responsabil: **dr. ing. Călin Mihăileanu**

Redactori responsabili adjuncți: **dr. ing. Nicolae Armencoiu, dr. ing. Gheorghe Bălan**

Secretar de redacție: **dr. ing. Eugeniu Pavel**
Gestiune financiară: **ec. Gheorghe Ursache**

Orientări în energetică: **dr. ing. Mario Duma**
Energetica în unități economice: **ing. Ion Măiereanu**
Dezvoltarea sistemelor energetice: **dr. ing. George Manolescu**

Conducerea și automatica SE: **dr. ing. Victor Romert, dr. ing. Jean Constantinescu**

Centrale termoelectrice: **conf. dr. ing. Costin Moțoiu, ing. Romeo Zbarcea, dr. ing. Teodor Popa, ing. Horia Furtunescu**

Centrale hidroelectrice: **dr. ing. Gheorghe Luca**
Centrale nuclearoelectrice: **ing. Adrian Georgescu**
Rețele electrice: **ing. Dinu Voinea, ing. Nicolae Georgian**
Alimentare cu căldură: **ing. Nicolae Niculescu**
Surse și tehnologii noi: **dr. ing. Alexandru Florescu**
Tehnologii chimice în energetică. Poluare: **dr. chim. Maria Maftei**

Organizarea muncii: **ing. Miron Popescu, ing. Dan Iosifescu**
Istoria energeticii: **ing. Paul Cartianu**
Buletin informativ: **ing. Mihai Nistor, ing. Romulus Sfichi**

Centre universitare și industriale:
București: **conf. dr. ing. Alexandru Selischi**
Iași: **prof. dr. ing. Alexandru Poeată**
Timișoara: **prof. dr. ing. Viorel Negru**
Cluj: **conf. dr. ing. Silviu Darie**

Revista „ENERGETICA" este editată și administrată de Institutul de Cercetări și Modernizări Energetice prin Oficiul de Informare Documentară pentru Energetică.
Vasile Pleșca — șef OIDE, **Ana Maria Chivu** — redactor

Revista ENERGETICA este publicație lunară devotată preocupărilor spirituale și realizărilor materiale în domeniul energeticii.

În revista ENERGETICA se publică:

Articole

Informații referitoare la: publicații recente (cărți, reviste), noutăți științifice și tehnice, invenții și inovații, experiență de exploatare, realizări remarcabile, manifestări tehnico-științifice naționale și internaționale (congrese, conferințe, simpozioane), titluri de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse: cronici, recenzii, discuții la articole publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuțiilor în jurul meselor rotunde.

Instituțiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 — BN R.S.R. Fil. Sector 3. Costul unui abonament: 144 lei anual; costul unui exemplar: 12 lei.

41 401

ANNOUNCEMENTS FOR READERS ABROAD

- **The review "Energetica" can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages**
- **The review "Energetica" proposes a publication exchange with similar reviews and in relating fields**
- **The review "Energetica" provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well**
- **The review "Energetica" publishes on request from authors abroad reports of energy or other materials: technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia, etc. written in one of the worldwide spoken languages**
- **Readers from abroad can subscribe through: ILEXIM, Departamentul Export-Import Presă, P.O.Box 136—137, telex 11226, București, Str. 30 Decembrie, nr. 3.**

Redacția și administrația: București 79619, Bd. Energeticienilor nr. 8, sect. 3
Telefon: 20.67.30, 21.46.30

Tiparul: Întreprinderea Poligrafică „Informația", București, str. Brezoianu 23—25, c. 1478

ÎNTREPRINDEREA DE COMERŢ EXTERIOR

ENERGOIMPEX

Întreprinderea de comerţ exterior „ENERGOIMPEX" a fost creată în anul 1977.

„ENERGOIMPEX" este singura întreprindere de comerţ exterior din R.P.Bulgaria, care importă cărbune energetic şi alţi agenţi energetici

În domeniul energiei electrice „ENERGOIMPEX" colaborează multilateral în cadrul sistemului energetic unificat „MIR" al ţărilor socialiste membre CAER.

„ENERGOIMPEX" întreţine legături comerciale strînse cu Turcia, Grecia şi R.S.F. Iugoslavia.

„ENERGOIMPEX" realizează construcţia liniilor electrice de transport, a staţiilor de joasă, medie şi înaltă tensiune şi efectuează servicii consulting în Libia, Angola, Siria etc.

În calitate de comisionar, Întreprinderea de comerţ exterior „ENERGOIMPEX" importă instalaţii şi echipamente pentru industria energetică bulgară.

ENERGOIMPEX

Sofia, C.P. 801 Telefon 51.88.67, telex 22669

TRUSTUL ANTREPRIZA GENERALA DE CONSTRUCTII HIDROENERGETICE BUCURESTI

STR DIMITRIE ONCIUL NR 23-25 TELEFON 355470

SECTOR 2 COD 70318 TELEX 10244 R

19 JUN 19

A EXECUTAT

61 BARAJE de următoarele tipuri :

39 DE GREUTATE DIN BETON printre care
BICAZ H = 127 m ; volum beton = 1,6 mil m^3

13 DE BETON IN ARC printre care :
VIDRARU H = 166,6 m ; volum beton = 480 mii m^3

3 DE BETON CU CONTRAFORTI printre care :
POIANA UZULUI h = 80,5 m ; volum beton = 720 mii m^3

6 DE ANROCAMENTE printre care :
VIDRA H = 121 m ; volum anrocamente = 3,5 mil m^3

59 CENTRALE HIDROELECTRICE de tipul :

5 SUBTERANE printre care :
. LOTRU CIUNGET, P_i = 510 MW

24 BARAJE printre care :
. PORTILE DE FIER I, P_i = 1050 MW (partea Română)

23 DE DERIVATIE printre care :
. BICAZ, P_i = 210 MW

7 LA PICIORUL BARAJULUI printre care .
TARNITA, P_i = 45 MW

E 2039

Energie

MW

R 1986 APR 7

10

100 de ani de energetică românească

REFERALVA

ZIUA ENERGETICIANULUI — 20 octombrie 1985

Cuprinsul

Sarcinile energeticii românești la împlinirea unui secol de existență 433

100 de ani de energetică românească 437

ARSENE A. RĂDOI: **Acționarea hibridă a sistemului de transport minier ROM — BAND — A.H. — 1** *(cu prezentare în limba engleză)* 440

MONICA SAVA: **Modificarea înălțimii efective de tiraj a turnurilor de răcire, datorită convecției de la partea superioară a coșului** *(cu prezentare în limba engleză)* 444

MIRCEA RĂDULESCU, CRISTIAN TOTOLO, EMIL TRIFA: **Rezultatele cercetărilor experimentale privind funcționarea cazanului de 135 t/h din CET Oradea cu concentratoare centrifugale de praf de cărbune** 447

GHEORGHE OPRIȘ: **Evoluția concepției și soluțiilor echipamentului mecanic al centralelor hidroelectrice. I. Echipamentul principal** 451

TRAIAN-G. IONESCU, EUGENIU PAVEL: **Normalizarea tensiunii joase în distribuția energiei electrice** *(cu prezentare în limba engleză)* 455

PAVEL BUHUȘ, GHEORGHE COMĂNESCU: **Cu privire la economisirea energiei prin normarea densității economice de curent la liniile electrice de distribuție** 464

ISTORIA ELECTRIFICĂRII

RADU ZANE: **Scurtă istorie a rețelelor electrice din România** 467

PETRE BULIGHIN: **Din istoricul Societății Electrica la 80 de ani de la începuturile activității** 470

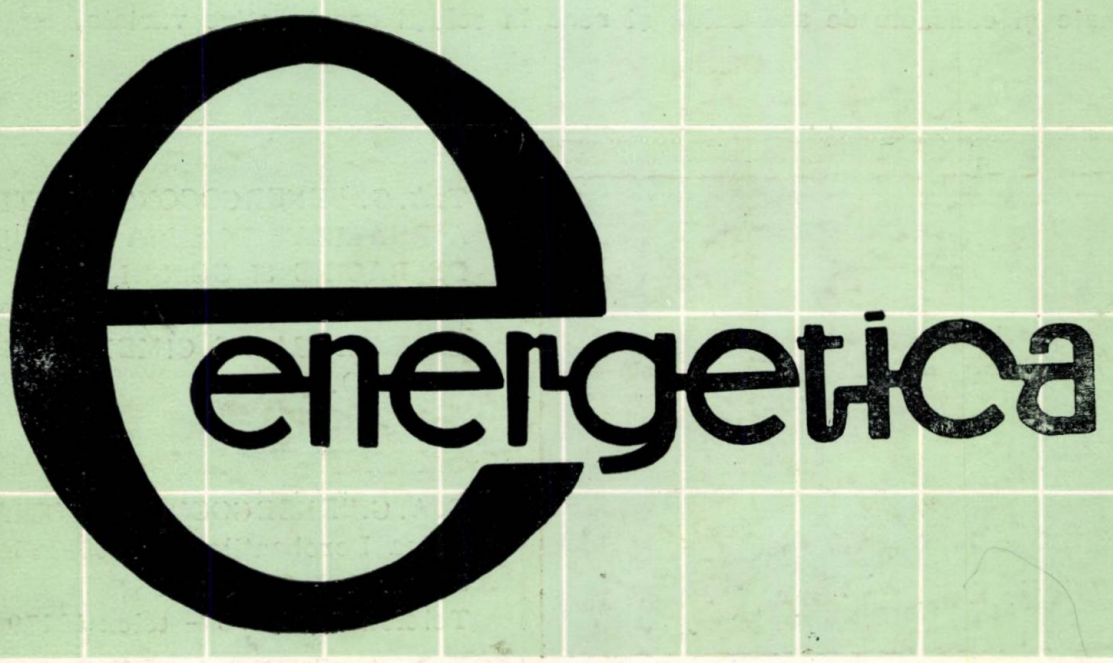
DE LA COMITETUL NAȚIONAL ROMÂN AL CONFERINȚEI MONDIALE A ENERGIEI 474

BULETIN INFORMATIV 476

VOLUMUL XXXIII

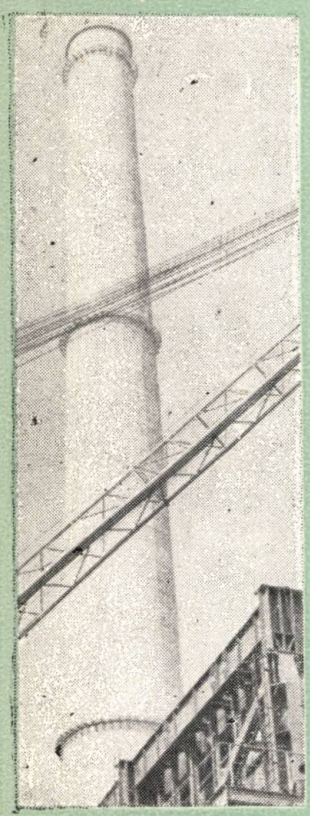
BUCUREȘTI

OCTOMBRIE 1985



tagec

TRUSTUL ANTREPRIZA GENERALA energoconstrucţia

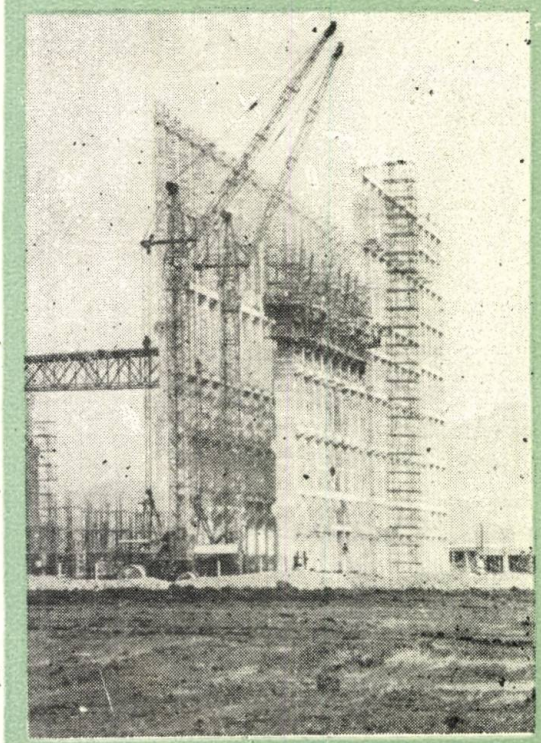


T.A.G. ENERGOCONSTRUCTIA, dispunînd de o dotare tehnică modernă şi de un important efectiv de muncitori de înaltă calificare, tehnicieni şi ingineri, realizează :

LUCRARI DE CONSTRUCTII SI DE INSTALATII aferente termocentralelor electrice şi de termoficare de mare şi foarte mare putere funcţionînd pe cărbune, gaze, şisturi etc.;

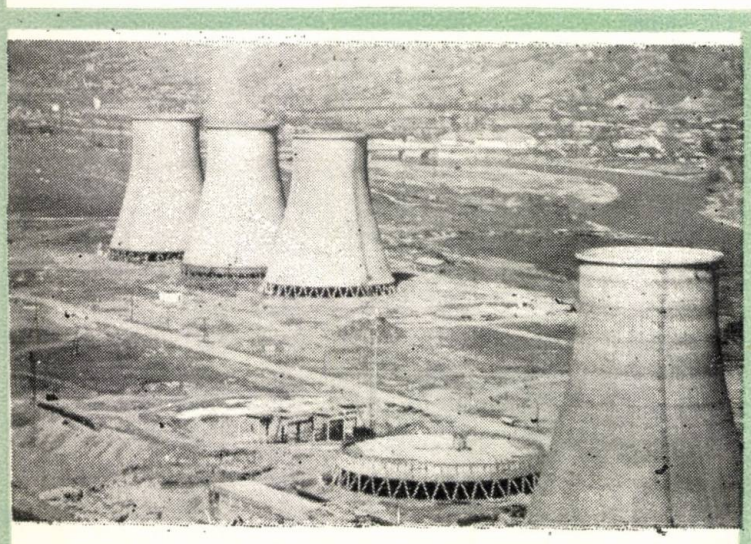
LUCRARI DE TEHNICITATE DEOSEBITA CA :

- magistrale şi reţele de termoficare pentru alimentarea marilor centre industriale şi urbane ;
- turnuri de răcire de mare capacitate cu tiraj natural sau forţat (Q = 42.000 mc/h) ;
- coşuri de fum de mare înălţime (H = 280 m) ;
- fundaţii speciale pentru maşini şi utilaje în termocentrale ;
- staţii de transformare de 400, 200 şi 110 kV.



LUCRARI HIDROTEHNICE AFERENTE TERMOCENTRALELOR :

- baraje de diferite tipuri, regularizări de rîuri ;
- prize decantoare şi staţii de pompe pentru debite importante ;
- canale şi conducte de apă caldă şi rece în soluţii constructive variate.



T.A.G. "ENERGOCONSTRUCTIA" A REALIZAT IN SIRIA TURNURI DE RACIRE SI COSURI DE FUM LA RAFINARIA DIN BANYAS SI LA FABRICA DE CIMENT DIN ALEPPO.

T.A.G."ENERGOCONSTRUCTIA"
Calea Dorobanţilor nr.103-105
Sector 1 - Bucureşti
Telefon 79.60.20 - telex 10179

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

ANUL 33 Nr. 10 Octombrie 1985

Sarcinile energeticii româneşti la împlinirea unui secol de existenţă

În această perioadă de puternică dezvoltare economico-socială a ţării noastre, marcăm existenţa unui secol de electroenergetică românească. Ne referim la timpul ce a trecut de la începuturile electrificării în România înfăptuite pe parcursul anilor 1880—1885, cînd s-au realizat primele instalaţii electrice de iluminat şi imediat primele centrale şi linii electrice. Toate acestea făceau parte dintr-un eşalon avansat de deschideri şi realizări similare pe plan mondial în spiritul de iniţiativă şi utilitate ce a caracterizat din totdeauna interesul poporului român pentru tehnică.

Desigur, primele centrale şi linii electrice româneşti amintite nu au apărut pe un teren gol, ci s-au încadrat, ca elemente de progres, în traiectorii mai ample ale dezvoltării energeticii naţionale. Pe de o parte, se intensificau, pe baze tehnologice moderne — pentru acele timpuri — extracţia şi prelucrarea ţiţeiului, exploatarea unora dintre zăcămintele noastre de cărbune. Pe de altă parte, utilizarea energiei electrice în România era orientată la început spre satisfacerea necesităţilor de iluminat electric, cu ajutorul lămpilor cu incandescenţă, recent inventate (valorificînd în paralel, în prima etapă, şi sistemul mai vechi, al lămpilor cu arc). Diversificarea utilizărilor energiei electrice — pentru forţa motrică în principal — avea să se înfăptuiască ulterior, dar nu mult mai tîrziu.

La un secol după curajoasele începuturi menţionate, valorificînd tradiţiile generaţiilor de energeticieni ce şi-au adus contribuţia meritorie la dezvoltarea continuă a electroenergeticii româneşti, aceasta se prezintă, în fapt, aşa cum a fost modelată şi edificată prin planurile de electrificare a ţării, prin programele energetice stabilite de partid şi înfăptuite sub conducerea partidului, în anii socialismului. Majoritatea capacităţilor moderne de producţie şi transport al energiei electrice s-au instalat şi dezvoltat în ultimii 20 de ani, în epoca de înflorire fără precedent a patriei, legată de numele secretarului general al partidului, preşedintele republicii, tovarăşul Nicolae Ceauşescu.

Astfel, nivelul de înzestrare electroenergetică a atins cote ridicate, caracteristice procesului general de dezvoltare economico-socială a ţării. Consumul total intern de energie electrică, în anul 1984 de 74,7 mld. kWh, reprezentînd un consum anual pe locuitor de 3300 kWh, este de acelaşi ordin de mărime cu valorile realizate în alte ţări europene cu niveluri de industrializare ridicate.

Se poate pune problema dacă nivelul de înzestrare electroenergetică atins în România constituie un stadiu tranzitoriu, spre a cărui depăşire substanţială urmează să tindem în viitor, sau dimpotrivă, dacă el reprezintă un nivel optim, creşterea economică în continuare urmînd să fie asigurată pe seama economisirii energiei electrice. Această problemă se cere a fi corelată

și cu gradul de electrificare a energeticii, respectiv ponderea energiei electrice în totalul consumului de energie (de toate formele), pondere cu care România, datorită consumului său actual important de produse petroliere și în special de gaze naturale — direct în procesele utilizatoare, se situează la limita inferioară a valorilor realizate în celelalte țări cu stadii de dezvoltare industrială comparabile sau mai avansate. Răspunsul care se impune din analizele efectuate pînă în prezent este că, în condițiile în care în întreaga economie națională se vor depune, în continuare eforturi deosebite pentru utilizarea rațională și economisirea severă a energiei, pentru promovarea unor tehnologii noi, moderne, în toate procesele consumatoare de energie și în special în cele mari consumatoare, simultan cu scăderea caracterului energointensiv general al structurii economiei prin dezvoltarea puternică a ramurilor și subramurilor cu grad înalt de prelucrare, pe baza realizărilor avansate ale științei și tehnologiei, pe termen mediu și lung, producția și consumul de energie electrică în România vor continua totuși să crească. Aceasta răspunde atît necesităților de promovare a unor tehnologii de înaltă eficiență economică și performanță tehnică într-o serie de procese consumatoare, necesităților de extindere largă a mecanizării și automatizării, de ridicare necontenită a calității vieții, cît și imperativelor substituirii hidrocarburilor prin combustibili inferiori și prin energie nucleară și hidraulică, substituire posibilă și eficientă în cea mai mare măsură, prin intermediul conversiei în energie electrică. De aceea, Directivele Congresului al XIII-lea al Partidului Comunist Român stabilesc creșterea în cincinalul 1986—1990, a producției de energie electrică cu 23—26%, apropiată de creșterea prevăzută pentru produsul social (de 27—32%); pînă în 1995 se va finaliza execuția programului aprobat de centrale nuclearoelectrice, urmînd să se pregătească premisele pentru trecerea la noile generații de reactoare; de asemenea, în deceniul viitor vor fi practic terminate lucrările de organizare hidroenergetică a teritoriului.

Aceste linii ale dezvoltării vor conduce totodată la modificări favorabile în continuare în structura resurselor de energie primară utilizate pentru producția energiei electrice. Datorită unor progrese considerabile făcute față de stadiul din urmă cu 20 de ani, cînd energia electrică produsă pe bază de hidrocarburi a reprezentat 79,7% din energia termoelectrică produsă, din care numai cea pe gaze naturale — 74,2%, în anul 1984 energia electrică produsă pe bază de hidrocarburi a mai reprezentat 51,7% din totalul energiei electrice produse și, respectiv, 61,4% din totalul energiei termoelectrice (din care pe gaze naturale 45,6% și respectiv 54,1%). Energia electrică produsă pe bază de cărbuni a ajuns în anul 1984 la 30% din totalul energiei electrice produse și, respectiv, 35,6% din totalul energiei termoelectrice. Aceste cifre scot totodată în evidență dimensiunea eforturilor ce ne mai stau în față pentru continua îmbunătățire substanțială a structurii combustibilului utilizat pentru producerea energiei electrice.

Mai dificilă se prezintă situația structurii de combustibil pentru producerea energiei termice (produsă centralizat și livrată sub formă de abur sau apă caldă), unde cărbunele a acoperit în 1984 numai 18%, hidrocarburilor revenindu-le 81,6%, din care gazelor naturale — 64,4%. Este semnificativ faptul că, dacă M.E.E. produce și livrează circa 30% din energia termică din economie, el acoperă 75,7% din energia termică produsă pe bază de cărbune.

După cum se știe, Directivele Congresului al XIII-lea al P.C.R. prevăd că, în cadrul producției de energie electrică de 95—97 mld.kWh în anul 1990, se vor realiza 21—22 mld. kWh în centrale nuclearoelectrice și aproape 38 mld. kWh pe bază de cărbuni și șisturi bituminoase. Totodată, se va extinde producerea combinată a energiei electrice și termice, reducîndu-se la minimum utilizarea hidrocarburilor. În deceniul următor va crește în continuare ponderea energiei electrice și termice produse pe bază de cărbune și de energie nucleară.

Centenarul electroenergeticii românești ne găsește, deci, în plină perioadă de eforturi de restructurare energetică, prioritate avînd creșterea producției de energie electrică pe bază de cărbune — prin asigurarea funcționării normale, la parametri corespunzători de putere și continuitate, a marilor termocentrale pe cărbune, prin construcția unor noi centrale și blocuri pe bază de cărbune, limitarea la minimum necesar a funcționării centralelor pe bază de hidrocarburi, trecerea unor centrale de pe hidrocarburi pe cărbune, precum și prin elaborarea și

introducerea de noi soluții tehnice pentru reducerea cantităților de hidrocarburi de adaos necesare pentru menținerea flăcării în instalații de ardere a cărbunilor. În centrul atenției noastre intră, de asemenea, înfăptuirea mobilizatorului program de construire și pregătire a exploatării centralelor nuclearoelectrice, precum și desfășurarea realizării și punerii în funcțiune a noilor centrale hidroelectrice.

Nivelul de tehnicitate atins de electroenergetica românească poate fi caracterizat, în primul rînd, prin existența Sistemului Electroenergetic Național, în care sînt interconectate sau racordate capacitățile de producție reprezentînd peste 97% din puterea instalată totală a generatoarelor electrice existente, ceea ce creează premise pentru o funcționare în condiții superioare de siguranță și economicitate. Sistemul Electroenergetic Național al României este interconectat cu sistemele electroenergetice ale țărilor vecine, fiind posibile schimburi de energie electrică în diferite regimuri de funcționare. Dispecerul Energetic Național este dotat cu instalații teleinformatice avansate pentru conducerea operativă a regimurilor sistemului în ansamblu și a principalelor instalații componente.

Dispunem de un grad înalt de concentrare a capacităților de producție în instalații mari și moderne, cu parametri de funcționare și indicatori tehnico-economici ridicați, de investiții și de exploatare. Astfel, aproape jumătate (48,5%) din puterea instalată este concentrată în centrale de peste 600 MW, care, în 1984, au livrat 58% din energia electrică produsă. O pondere importantă — 21,6% din puterea instalată totală — revine centralelor hidroelectrice. În cadrul centralelor termoelectrice, 43,5% o constituie puterea instalată electrică a grupurilor de termoficare, ceea ce reflectă rezultatele politicii de dezvoltare susținută a producției combinate de energie electrică și căldură, ca formă eficientă de valorificare energetică a resurselor energetice primare. (Această pondere înaltă a puterii instalate în termoficare în România este una din cele mai ridicate realizate pe plan mondial).

Cea mai mare parte a puterii instalate în centralele termoelectrice o reprezintă blocurile de mare putere — în condensație, de 100—330 MW; în centralele de termoficare, cea mai mare răspîndire o au blocurile de 50 MW. Instalațiile sînt caracterizate printr-un înalt grad de automatizare; se lucrează cu parametri ridicați ai aburului; complexitatea schemelor tehnologice ale centralelor și ale blocurilor corespunde unor înalte exigențe tehnice.

Hidroenergetica dispune azi de o mare diversitate de centrale hidroelectrice adaptate valorificării optime a diferitelor cursuri de apă și bazine hidrografice. S-au realizat printre altele : marea centrală Porțile de Fier I de pe fluviul Dunărea, echipată cu șase grupuri de cîte 175 MW cu turbine Kaplan; centrala subterană Lotru-Ciunget, echipată cu trei grupuri de cîte 170 MW cu turbine Pelton la cădere de 809 metri, avînd asociat un vast sistem de captări secundare; a început introducerea unor grupuri bulb și bulb reversibile. Sînt în funcțiune cascadele de centrale hidroelectrice Bistrița, Argeș, Olt și continuă dezvoltarea altor cascade și amenajări complexe pe rîurile interioare și pe Dunăre, precum și desfășurarea programului de microhidrocentrale.

În ceea ce privește rețelele electrice, este de menționat realizarea, în curs de finalizare, a inelului de linii magistrale cu tensiuni de 400 și 220 kV și a altor linii de racordare a unor mari surse sau consumatori și de echilibrare între zone importante ale sistemului; introducerea, în curs, a tensiunii de 750 kV pentru una dintre conexiunile internaționale; construirea unui însemnat număr de stații de transformare de 110 kV și dezvoltarea, potrivit necesităților, a rețelei de distribuție de medie și joasă tensiune. Îmbunătățirea sistematizării ansamblului rețelelor electrice constituie un obiectiv primordial căruia urmează să-i acordăm o atenție deosebită.

Dispunem astăzi de o putere instalată în centralele electrice de circa 19 000 MW, de 25 de ori mai mult decît în România antebelică, ceea ce, în ansamblu, ar trebui să fie suficient.

Analizînd în structură, constatăm că, la sfîrșitul anului trecut, 37% din puterea centralelor electrice era instalată în centrale pe cărbune. Această pondere constituie un mare progres față de trecut, progres obținut prin mari eforturi, dar puțin față de necesități și față de sarcinile și planurile stabilite. Mai grav este faptul că și o parte din această putere instalată

în centralele pe cărbune a prezentat un grad nesatisfăcător de disponibilitate (în medie pe total centrale de cărbune — 3948 ore durată de utilizare în anul 1984). În cuvîntarea ţinută la 19 iunie 1985 la Plenara comună a Consiliului Naţional al Oamenilor Muncii şi Consiliului Suprem al Dezvoltării Economice şi Sociale, tovarăşul Nicolae Ceauşescu, referindu-se la măsurile hotărîte pentru a asigura buna funcţionare a centralelor pe cărbune, a arătat că „dacă aceste centrale ar lucra numai cu 65—70 la sută din capacitate, nu am mai avea nici un fel de probleme cu energia". Depăşirea deficitului creat ne obligă, ca obiectiv de prioritate absolută, la intensificarea eforturilor de asigurare a disponibilităţii în funcţionarea centralelor pe cărbune existente, a realizării şi punerii în funcţiune a noilor capacităţi pe cărbune. De asemenea, preocuparea pentru reducerea consumurilor proprii tehnologice în toate categoriile de instalaţii din SEN are nu numai semnificaţia economică bine cunoscută în sine, ci şi un corespondent direct în creşterea cantităţilor de energie electrică şi termică puse la dispoziţia economiei naţionale. Ne revin, de asemenea, sarcini importante pentru creşterea aportului la balanţa energetică a tuturor surselor noi şi, mai ales, a resurselor energetice refolosibile rezultate din procesele tehnologice.

În fine, ca organ căruia conducerea partidului i-a încredinţat înalta responsabilitate de administrator unic al tuturor surselor de energie şi totodată ca organ de specialitate energetică, Ministerului Energiei Electrice îi revine sarcina exercitării unui rol mult mai activ, bazat pe iniţiativă şi coordonare tehnică, pentru valorificarea eficientă şi economisirea energiei în întreaga economie — principala resursă energetică a dezvoltării.

Într-adevăr, după cum se ştie, energointensivitatea venitului nostru naţional este încă foarte ridicată, cu mult mai ridicată decît cea a unor ţări industrializate dezvoltate. În acelaşi timp, numeroase ţări îşi permit ca, pe seama unei valorificări eficiente a energiei în ramurile mari consumatoare (în principal — în industrie), să aloce cote importante ale consumurilor energetice pentru nevoi casnic-edilitare, comunale, pentru transporturi, agricultură şi altele.

În politica energetică a partidului, valorificarea şi economisirea energiei sînt indisolubil legate de producerea energiei, de obiectivul dezvoltării economico-sociale susţinute în continuare, al creşterii nivelului de trai material şi spiritual al tuturor membrilor societăţii noastre socialiste. Calcule efectuate la noi şi în alte ţări, precum şi în unele organizaţii internaţionale, arată că eficienţa economică a măsurilor şi investiţiilor pentru economisirea sau pentru recuperarea energiei este uneori de 2—3 ori mai mare decît cea pentru producerea suplimentară a unor cantităţi de energie egale cu cele economisite. De aceea, plasîndu-se pe poziţiile intereselor generale ale economiei şi societăţii, energeticienii nu pot să nu se preocupe de realizarea ansamblului măsurilor tehnico-ştiinţifice şi economico-productive consacrate realizării unui aport maxim al energiei la dezvoltarea economico-socială, atît sub aspectul unei cît mai bune asigurări cu energia necesară, cît şi sub cel al economisirii riguroase şi valorificării eficiente a acesteia în toate sferele de activitate.

Sărbătorind, cu prilejul **„Zilei energeticianului"** din acest an, un secol de energetică românească, energeticienii îşi mobilizează întreaga competenţă şi putere de muncă pentru a-şi aduce o contribuţie demnă la înflorirea multilaterală a României socialiste.

100 de ani de energetică românească

Între 12 și 18 septembrie 1985 s-au desfășurat la Sofia lucrările Consiliului Executiv Internațional al Conferinței Mondiale a Energiei, la care au luat parte 250 de specialiști energeticieni reprezentanți a peste 50 Comitete Naționale ale CME și 10 Organizații tehnico-științifice internaționale. Din țara noastră au participat dr. ing. Mihai G. M. Pop, secretarul Comitetului Național Român al CME, și dr. ing. Călin Mihăileanu, secretar științific al Institutului Central de Cercetări Energetice, membru al CNR al CME și al Comisiei de Conservarea Energiei din cadrul CME.

În calitate de redactor responsabil al revistei „ENERGETICA", semnatarul acestor rînduri s-a folosit de acest prilej pentru a obține din partea unor personalități proeminente din energetica mondială scurte mesaje de salut pentru cititorii revistei noastre, cu ocazia împlinirii în acest an a unui secol de energetică românească. Publicăm în numărul de față în facsimil în limba națională, precum și în traducere în limba română, mesajele pe care au avut amabilitatea să ni le transmită următorii :

WALKER CISLER — decanul de vîrstă al energeticienilor americani, considerat ambasadorul neoficial cel mai autentic al acestora în lume. Dînsul este președinte de onoare al CEI al CME, fost președinte al Consiliului de administrație al Detroit Edison Company, fost președinte al Societății Americane a Inginerilor Mecanici (ASME), fost președinte al Consiliului Unit al Inginerilor din S.U.A. (EJC), membru fondator al Academiei Tehnice Naționale din S.U.A. (National Academy of Engineering), fost președinte al Institutului Electric Edison (EEI), fondator al Forumului Atomic Industrial din S.U.A. A fost un colaborator apropiat al președintelui Dwight Eisenhower, încă din timpul războiului, însoțindu-l din Africa de Nord pînă la debarcarea în Normandia și primind din partea acestuia misiunea de a conduce operațiile de reconstrucție după război a rețelelor de energie electrică, gaze și apă din teritoriile eliberate de sub stăpînirea nazistă. A condus în anul 1964 prima delegație de energeticieni americani care au vizitat România, compusă din președinții a 11 mari companii de electricitate. Cu ocazia călătoriei la CEI al CME la Sofia a străbătut pentru a 361-a oară Oceanul Atlantic.

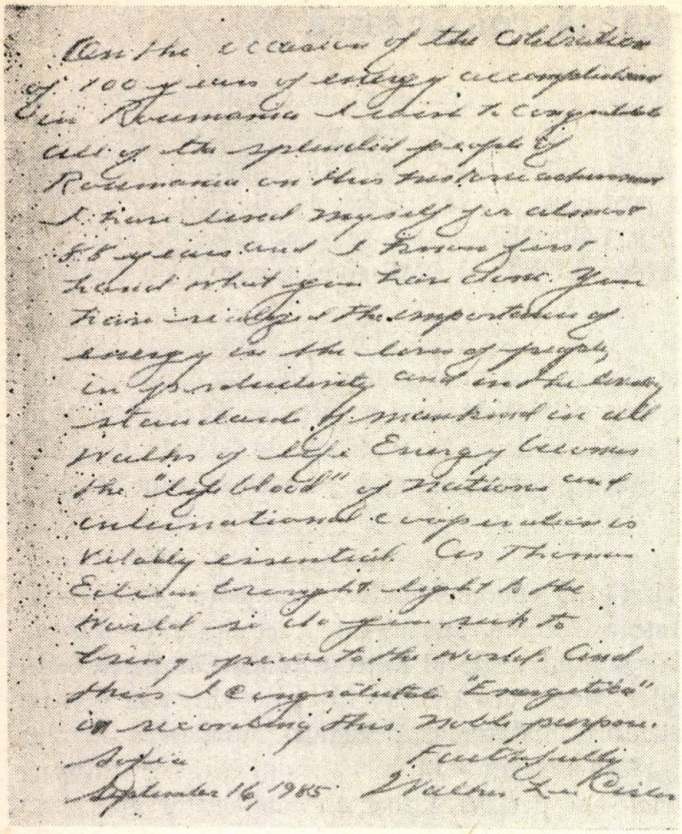
MARCEL BOITEUX—președintele Comisiei de Conservare a Energiei din cadrul CME, președinte al Comitetului de Organizare al celui de al XIII-lea Congres al CME (1986), președinte al Consiliului de Administrație al Electricité de France (EdF), președinte al Institutului de Înalte Studii Științifice din Paris (supranumit „Princeton-ul francez"), membru al Comisiei pentru Energia Atomică (CEA) din Franța, administrator al Institutului Pasteur, Comandor al Legiunii de Onoare.

ZHAO QINGFU — viceministru al Resurselor de Apă și al Energiei Electrice din Republica Populară Chineză.

ARNALDO ANGELINI — vicepreședinte de onoare al CEI al CME, profesor emerit la Universitatea din Roma, președinte de onoare și Consilier al Ente Nazionale per l'Energia Elettrica (ENEL), fost președinte general al Asociației Electrotehnice și Electronice Italiene, fost președinte al UNIPEDE, membru al Academiei de Științe din Italia, membru al Academiei Naționale dei Lincei.

ANDRÁS LÉVAI — Dr. techn. Dr. h.c., membru al Academiei Ungare de Științe, profesor emerit la Universitatea Tehnică din Budapesta.

dr. ing. Călin Mihăileanu

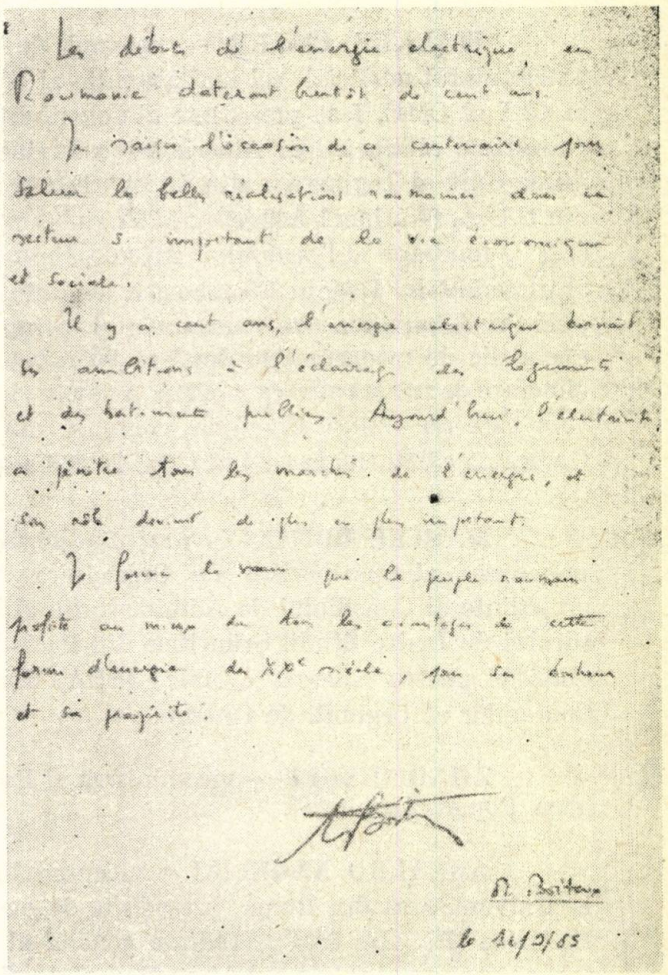


Cu ocazia sărbătoririi a 100 de ani de succese în domeniul energeticii în România, doresc să felicit întregul popor splendid al României pentru această realizare istorică.

Am trăit eu însumi aproape 88 de ani și știu din proprie experiență ce ați întreprins. Ați recunoscut importanța energiei în viața popoarelor pentru creșterea productivității muncii și a standardului de viață al tuturor oamenilor în diferitele ipostaze ale vieții. Energia devine sîngele națiunilor și cooperarea internațională în acest domeniu este esențialmente vitală. Așa cum Thomas Edison a introdus lumina în lume, tot așa să căutăm să aducem pacea în lume. Felicit „Energetica" pentru consemnarea acestui nobil scop.

Sofia,
16 septembrie, 1985

Cu credință,
Walker Lee Cisler



De la începuturile energiei electrice în România se vor împlini curînd o sută de ani.

Folosesc acest prilej pentru a saluta frumoasele realizări românești în acest sector atît de important al vieții economice și sociale.

Acum o sută de ani ambițiile energiei electrice se limitau la iluminatul locuințelor și clădirilor publice. Astăzi, electricitatea a pătruns pe toate piețele energiei și rolul său devine din ce în ce mai important.

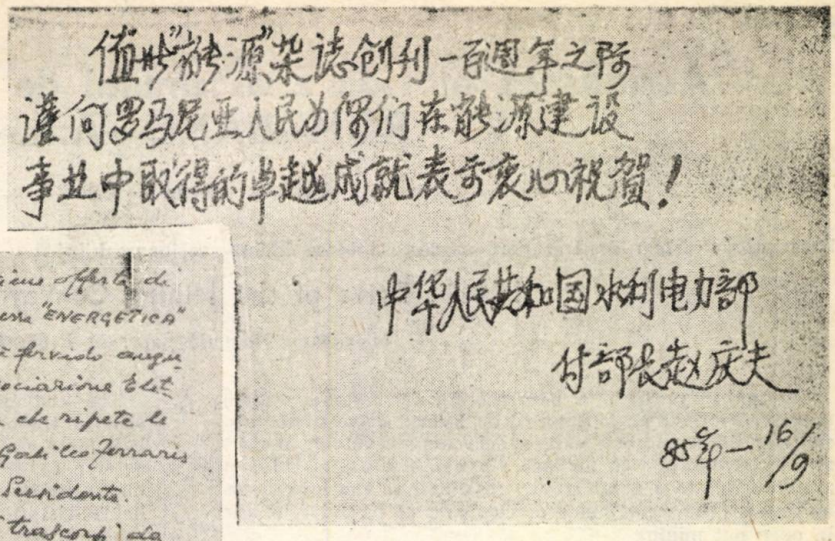
Urez poporului român să profite din plin de toate avantajele acestei forme de energie a secolului XX, pentru fericirea și prosperitatea sa.

Marcel Boiteux
16/9/85

Ca energetician născut în Ardeal, cu educația formată la Timișoara, constat cu plăcere faptul că în Republica Socialistă România, ca și în străinătate, a fost reamintit faptul că — cu 100 de ani în urmă — a fost introdus la Timișoara, pentru prima dată în Europa, iluminatul public electric. Această realizare de importanță istorică, început de direcție de dezvoltare, are și astăzi urmări în România. Astfel, pot aminti — printre altele — tehnologia de producere a energiei termice și electrice pe bază de energie solară, domeniu în care cercetătorii, proiectanții, constructorii și personalul de exploatare român se situează între specialiștii de vîrf pe plan mondial. Trebuie să amintesc și inițiativele competente, fundamentate științific, cu care specialiștii români se disting în cadrul CME, CAER etc. →

Cu ocazia împlinirii a 100 de ani de energetică românească, felicit din inimă poporul român, prin intermediul revistei „Energetica", pentru realizările remarcabile pe care le-a obținut pe tărîmul dezvoltării energetice.

Zhao Qingfu



值此"能源"杂志创刊一百周年之际
谨向罗马尼亚人民为他们在能源建设
事业中取得的卓越成就表示衷心的祝贺！

中华人民共和国水利电力部
副部长赵庆夫
85.9.16

Sono lieto della occasione che mi viene offerta di rivolgere ai lettori della Rivista Rumena "ENERGETICA" il saluto caloroso e cordiale ed il più fervido augurio per l'avvenire da me e dall'Associazione Elettrotecnica ed Elettronica Italiana che ripete le sue antiche e nobili tradizioni da Galileo Ferraris che ne fu il fondatore ed il primo Presidente.

"ENERGETICA" celebra i cento anni trascorsi da quando fecero l'avvio e rapidamente si diffusero le applicazioni della elettricità, che fra tutte le forme di energia è la più pregiata in quanto può ottenersi da tutte le risorse primarie ed è la più flessibile poichè essa può trasformarsi agevolmente ed economicamente in tutte le forme utilizzabili di energia.

Oggi l'elettricità è l'indispensabile vettore di energia e di informazione che rappresentano i fattori essenziali di quel progresso economico e sociale che la Romania ha perseguito e persegue con tanto impegno dagli albori della industrializzazione in poi.

Arnaldo M. Angelini

Settembre 1985

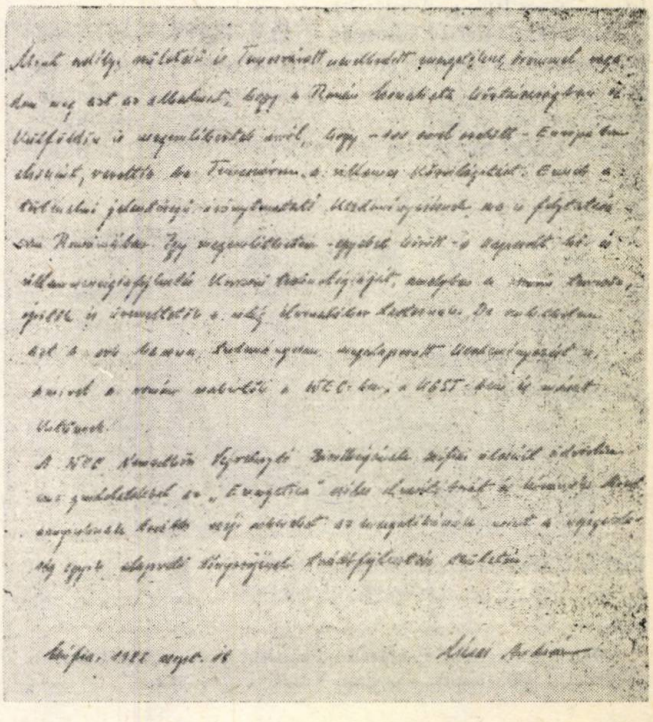
Cităţii, care este cea mai apreciată dintre toate formele de energie, întrucît ea se poate obţine din toate resursele energetice primare şi totodată este cea mai flexibilă, putînd fi transformată comod şi economic în toate formele utilizabile de energie.

Astăzi, electricitatea este vectorul indispensabil al energiei şi al informaţiei, care reprezintă factorii esenţiali ai acelui progres economic şi social pe care România l-a urmărit şi îl urmăreşte cu atîta stăruinţă încă de la zorile industrializării.

Arnaldo Angelini,
Septembrie 1985

Sînt încîntat de ocazia ce mi se oferă de a transmite cititorilor revistei românești „Energetica" un salut călduros şi cordial, cît şi cele mai bune urări pentru viitor, atît din partea mea, cît şi din a Asociaţiei Electrotehnice şi Electronice Italiene, păstrătoare a tradiţiilor antice şi nobile moştenite de la Galileo Ferraris, care i-a fost fondator şi primul preşedinte.

„Energetica" sărbătoreşte cei o sută de ani ce s-au scurs de cînd intuind viitorul s-au dezvoltat rapid aplicaţiile electri-



Cu ocazia şedinţei de la Sofia a Consiliului Executiv Internaţional al CME, salut cu gînduri bune cercul larg de cititori ai revistei „Energetica" şi urez tuturor rezultate bune în continuare în energetică, domeniu de bază în plină dezvoltare a economiei naţionale.

Sofia, 18 septembrie 1985

András Lèvay

Acționarea hibridă a sistemului de transport minier ROM—BAND—A.R.—1

Dr. ing. Arsene A. Rădoi *

Descriptori : sistem de transport minier, motoare liniare, acționare hibridă

Hybrid Drive of the Mining Conveyance System

(Condensed from the paper in Romanian)

The paper presents a new mining conveyance system, conceived by the author, based on hybrid drive (with horizontally linear motors, with synchronous revolving motors, and by gravitation on inclined planes). The use of this new system leads to a great energy save and to the lowest cost as regards the conveyance of coal and of picked — of dirt in open out mining.

The conveyance system ROM-BAND — A.R. — 1 consists of trains of single axled cars that are clutched by a ball point (fig. 1). The loading proceeds either continually or step by step. The unloading is carried out either continually by the train twisting (fig. 2) or by penentrating in a helicoid station (fig. 3). The ears are so designed that they can be driven on inclined planes by an elevator (fig. 5).

Ca urmare a cererii mereu crescînde de energie electrică produsă prin arderea combustibililor de calitate inferioară (lignit și șist bituminos), la exploatările miniere în carieră este necesară vehicularea anuală a zeci de milioane de tone.

În transportul minier la suprafață s-au impus două sisteme :

— transportul cu camioane de mare capacitate (40—100 t) ;

— transportul cu benzi din cauciuc.

Camioanele implică cheltuieli mari de exploatare, consum de motorină și cauciucuri din import.

Benzile de transport prezintă inconvenientul că nu pot fi amplasate în zone colinare, nu pot transporta materiale cu granulație grosieră și au un coeficient redus de utilizare din cauza numeroaselor defecțiuni.

Sistemul de transport ROM-BAND-A.R.—1 conceput de autor și realizat ca stație pilot la Institutul Politehnic „Traian Vuia"—Timișoara, constă din trenuri de vagoneți cu ecartament 600 mm cu o singură osie (fig. 1), cuplați printr-o articulație sferică. Pe partea inferioară a fiecărui vagonet este fixat cîte un indus de motor liniar. Pe calea cu șine sînt amplasate motoare liniare la un interval ceva mai mic decît lungimea trenului.

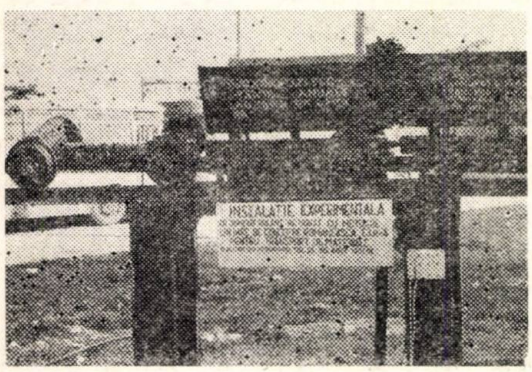


Fig. 1. Instalație experimentală ROM—BAND—A.R.—1 cu ecartament 600 mm.

La granulația materialului transportat pînă la 0,3 m trenul se poate realiza sub formă de jgheab continuu, cuvele metalice ale vagoneților fiind reunite printr-o legătură elastică din cauciuc ondulat. În aceste condiții încărcarea trenului se face continuu, cu viteză mică de deplasare. În cazul încărcării cu excavator cu cupă la o granulație mai mare decît 0,3 m se recomandă cuve independente, încărcarea trenului făcîndu-se prin deplasare pas cu pas. În ambele cazuri, descărcarea se poate face fie prin torsionare (fig. 2), fie prin înscriere într-o stație de descărcare elicoidală (fig. 3).

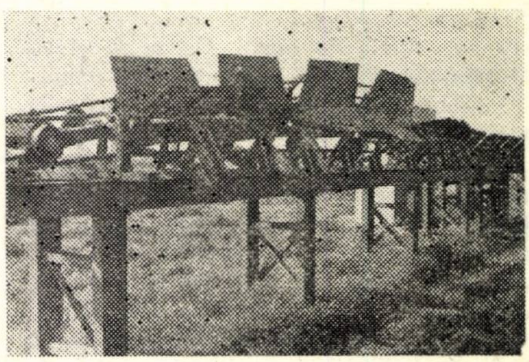


Fig. 2. Stație de descărcare torsională.

Sistemul de transport cu trenuri de vagoneți acționați cu motoare liniare prezintă următoarele avantaje :

— transportul se poate face pe un traseu cu înscrierea în curbe în toate planurile și se poate aplica la materiale cu granulație grosieră ;

— încărcarea se poate face pas cu pas sau continuu, iar descărcarea se face în mod continuu ;

* Dr. ing. Arsene A. Rădoi—Facultatea de Electrotehnică, Institutul Politehnic „Traian Vuia" Timișoara.

— consumul specific de energie (0,4 kWh/tkm) este de circa cinci ori mai redus decît la camioane și pe jumătate față de benzile de transport ;

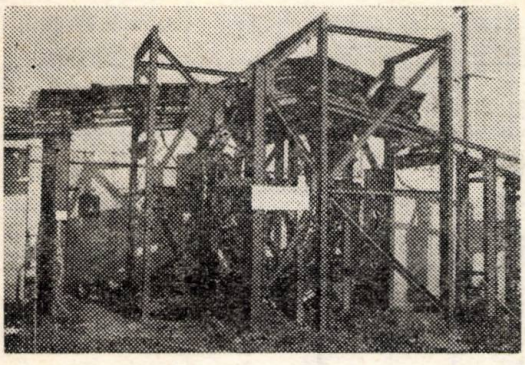


Fig. 3. Stație de descărcare elicoidală.

— în cazul înlocuirii transportului prin camioane rezultă o mare economie de motorină și de anvelope ;

— sistemul se pretează la o automatizare totală a procesului de transport ;

— în cazul acționării cu motoare liniare la frecvența de 50 Hz este posibil transportul pe declivități de 25‰, iar la frecvența de 20 Hz se poate merge pînă la 80‰ ; dacă se aplică tracțiunea hibridă (adică pe orizontală și pe declivități mici cu motoare liniare, iar pe declivități mari prin tracțiunea cu elevatoare și frînarea prin recuperare de energie la coborîre prin descensoare acționate de motoare rotative sincrone), se poate merge în cazul acționării cu elevatoare pînă la declivități de 300‰ ; în plus, acționarea elevatoarelor cu motoare sincrone care lucrează în regim de compensator sincron, contribuie la îmbunătățirea factorului de putere al motoarelor liniare, nefiind necesară instalarea de condensatoare ;

— sistemul ROM-BAND-A.R.-1, avînd o structură de transport de bandă discontinuă care circulă pe o cale cu șine, permite extinderea transportului pe distanțe nelimitate, cu investiții mai reduse decît la benzile de transport (avantaj întîlnit la transportul pe căi cu șine) ;

— încărcarea și descărcarea se pot face în puncte diferite ;

— încărcarea și descărcarea se fac cu viteze reduse (0,5—1 m/s), iar pe traseu se ating viteze mari (pînă la 50 km/h), ceea ce are ca urmare capacități de transport mai ridicate, cu un gabarit relativ redus ;

— în cazul transportului în subteran la aceeași capacitate de transport se reduc dimensiunile galeriilor față de tracțiunea cu locomotive de mină ;

— forța de tracțiune fiind independentă de aderență, motorul liniar comportîndu-se ca o cremalieră electromagnetică, se pot obține accelerații la pornire și decelerații la frînare mult mai mari decît la tracțiunea cu locomotive ;

— în caz de defectare a unui vagonet se duce trenul respectiv pe linia de revizie și se introduce în circuitul de transport trenul de rezervă ;

— se înlătură dispozitivele de transmisie ale cuplului de la motorul rotativ la perechile de roți ;

— instalația poate fi aplicată în mediu cu pericol de explozie ;

— motorul liniar fiind executat fără cutie de borne și turnat în rășină poate lucra chiar sub apă ;

— se micșorează greutatea părții mobile întrucît inductorul este fixat de calea de rulare ;

— la ecartament 600 mm se poate înscrie în curbe în plan orizontal cu raze de 6 m, iar la ecartament 1435 mm raza minimă poate fi de 9 m ;

— la coborîrea pantelor motorul liniar frînează prin recuperare de energie, fără nici un fel de piese supuse uzurii ;

— prin trecerea în regim de frînare în cîmp de sens invers se poate obține o frînare rapidă a trenului ;

— prin alimentarea inductoarelor în curent continuu se realizează frînarea de siguranță la căderea sursei de curent alternativ ;

— în funcție de capacitatea de transport de 5000—200 t/h costul specific al transportului are valori de 0,2—3 lei/tkm ;

— sistemul de transport poate fi aplicat pe actualele căi cu șine de transport minier ;

— sistemul, avînd o mobilitate deosebită cu înscriere în curbe de 9 m, se pretează la descărcarea torsională pe un semicerc pe o instalație de haldare care se deplasează pe măsură ce înaintează halda, nefiind necesare buldozere pentru împingerea materialului la haldă ;

— în timp ce transportul cu camioane consumă motorină și cauciucuri din import, sistemul ROM-BAND-A.R.—1 folosește energie electrică ;

— prin aplicarea cuplei automate în zona de încărcare, trenurile au lungimi de 30 m, iar pe magistrală se circulă cu trenuri de 210 m sau mai mari ;

— realizarea sistemului de transport nu necesită nici un fel de materiale din import.

În figura 4 este prezentat sistemul ROM-BAND-A.R.—1 cu ecartament 1435 mm, format din 10 vagoneți avînd o capacitate de 60 t, ce rulează pe o cale inelară la stația etalon a Institutului Politehnic „Traian Vuia" —Timișoara pentru testarea motoarelor liniare ML—03. Vagoneții sînt astfel concepuți încît să poată fi acționați pe plane înclinate de către un elevator.

Dispoziția generală a sistemului de acționare hibridă este prezentată în figura 5. Cu

Tabelul 1

Forţe de propulsie dezvoltate la pornire de motorul liniar ML—02 la alimentarea de la cicloconvertor static de frecvenţă şi de la reţea

f (Hz)	Indus placă fier placa Cupru 2mm	Indus placă fier colivie Aluminiu 5mm	Indus placa fier colivie Aluminiu 10 mm	Indus placă fier colivie Cupru 5 mm	Indus placă fier colivie Cupru 10 mm	Indus placă fier colivie Cupru 3mm
	daN					
5	700					
	600				620	
	500		500	550		
	400					
	300 320					
	200	180				
	100					
10	600				660	
	500			540		
	400 400		380			
	300					
	200					
	100	140				170
15	500			480	500	
	400 400					
	300					
	200					175
	100	130	160			
50	200 180					
	100	150	80	160		150

excepția primului vagonet 1, care are două osii cu ampatament de 1,5 m, ceilalți vagoneți 2 au cîte o singură osie, fiind cuplați printr-o articulație sferică. Atît elevatorul 3, cît și des-

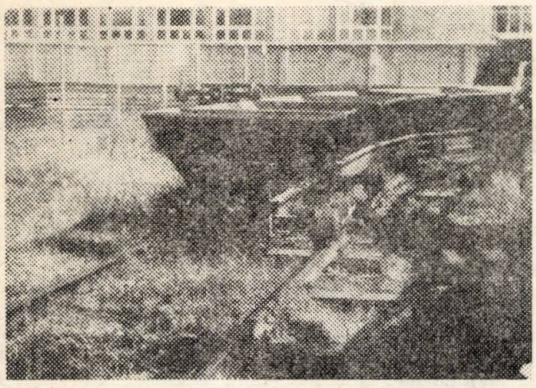


Fig. 4. Sistem de transport ROM—BAND—A.R.—1 cu acționare hibridă.

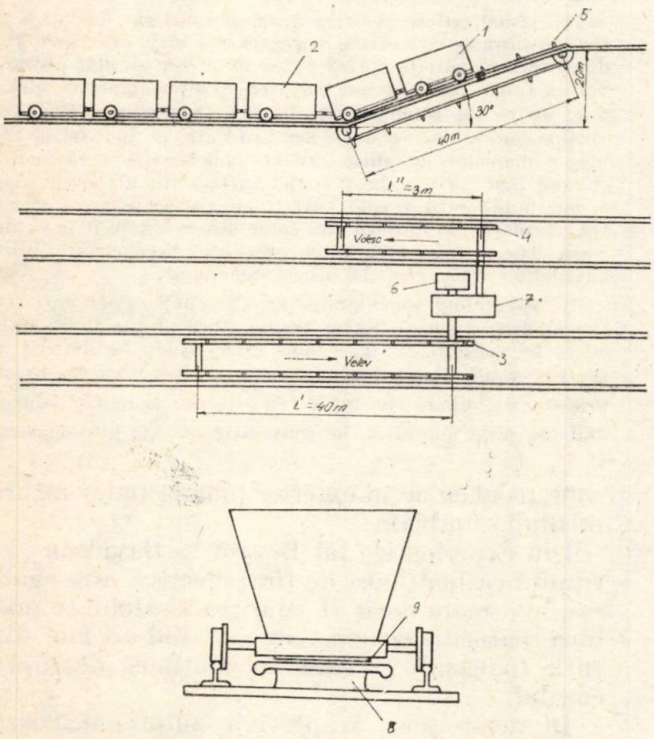


Fig. 5. Explicativă privind acționarea hibridă.

censorul 4 constau dintr-un lanț cu eclise cu un pinten 5, care agață osia vagoneților. Acționarea elevatorului 3 și a descensorului se face de către motorul sincron 6 prin intermediul cutiei de viteze 7. Elevatorul 3 fiind cuplat mecanic prin descensorul 4, greutatea trenului care coboară ajută la acționarea trenului care urcă.

Înălțimea H a elevatorului se recomandă a fi egală cu înălțimea de 20 m a treptei carierei. Viteza elevatorului și a descensorului este de 1 m/s, iar viteza medie pe orizontală, imprimată trenurilor de către motoarele liniare, este de 5 m/s. Lungimea descensorului L'' se ia mai mică decît a elevatorului L', astfel încît trenul ce coboară să se accelereze prin gravitație de la viteza de 1 m/s a descensorului pînă la viteza de 5 m/s de acționare a motoarelor liniare 8. Vagoneții au fixați la partea inferioară placa indus 9. Inductoarele 8 sînt amplasate la o distanță mai mică decît lungimea trenului, astfel încît tot timpul trenul să fie sub acțiunea forței de tracțiune. Inductoarele sînt conectate prin intermediul unor traductoare de proximitate numai atît timp cît placa indus acoperă întreaga suprafață a inductorului.

Cercetările au fost orientate în principal pentru optimizarea performanțelor motoarelor liniare prin alimentarea cu frecvență și tensiune variabilă și prin adoptarea a diferite soluții constructive pentru indus (indus placă fier de 12 mm — placă cupru de 2 și 3 mm, indus cu colivie de cupru de 4 mm și colivie de aluminiu de 5 și 10 mm).

Rezultatele determinărilor experimentale cu motorul ML—02 sînt prezentate în tabelul 1; ele au condus la următoarele concluzii:

— cele mai favorabile rezultate la frecvența de 50 Hz s-au obținut cu indusul placă fier 12 mm—placă de cupru 2 mm; realizarea relativ simplă a acestui tip de indus și costul mai redus decît la indusul cu colivie conduce la adoptarea acestui tip de indus la aplicațiile industriale;

— alimentarea cu frecvențe reduse (5—15 Hz) implică realizarea unui indus cu colivie și intercalarea între rețea și motor a unui cicloconvertor sau convertizor rotativ de frecvență, instalații complicate și costisitoare, care nu se justifică pentru creșterea respectivă a forței de tracțiune.

Prin aplicarea noului sistem de transport cu trenuri de vagoneți cu o acționare hibridă, adică cu motoare liniare pe orizontală și cu motor sincron rotativ și prin gravitație pe plane înclinate, rezultă un consum specific de energie (kWh/tkm) și un cost specific al transportului (lei/tkm) mai redus decît la transportul cu camioane sau cu benzi din cauciuc.

(Primit la 21 iunie 1985, acceptat la 5 august 1985)

Modificarea înălțimii efective de tiraj a turnurilor de răcire, datorată convecției de la partea superioară a coșului

Ing. Monica Sava *

Descriptori : centrale termoelectrice, turnuri de răcire, schimb de căldură

Change of the Cooling Towers Real Height on Account of the Convection at the Tower Upper Part

(*Condensed from the paper in Romanian*)

By the measurements carried out at the cooling tower of Rovinari by ICEMENERG in 1974, the pressure loss Δp the air velocity, v and the air densities at the tower intake, respectively at the cooling system outlet could be established. The real draft heights, H_{ef} which were bigger, equal and even smaller than the draft height H could also be estimated.

Referring to the existence of the real draft heights, H_{ef}, smaller than the shell height, the known reasons leading to this effect could have been : the tower shell leakages [1], the external air stratification [1], the heat losses through the shell walls. The cooling towers being made of reinforced concrete, there were no leakages. The measurements necessary to point out the external air stratification haven't been made, but either the stratification, or the heat losses we have estimated could not be a possible explanation of the marked draft reduction.

In accordance with the previous theries [1], [2], the real draft could be either equal or bigger than the geometrical draft height, H.

Analysing the statements mentioned above, we considered that a determining effect on the draft height reduction could be the convection at the tower upper part. To verify this hypothesis, beginning with 1975 we have performed measurements on the cylindrical tower models within which water was the selected fluid. The measurements results have confirmed the existence of this phenomenon. Later on, the experiments were resumed on the cylindrica and hyperbolic towers models as well as on the existing towers. In all the cases the results were similar and they were reported at the COMECON-Bușteni Conference of december 1984. It can be noticed that the air temperature suddenly reduced at the cooling system outlet, then this phenomenon gets slower and it is continued by another leap at the shell outlet. This disturbing phenomenon effect gets even stronger when the shell diameter is bigger and the fluid flow is lower (low velocities) and when the difference between the temperature of the inner hot fluid and the one of the outer cold fluid is higher.

The visualizations performed pointed out the existence of the downward convective currents by way of either the downward colourless vortex tubes or of the similar upward vortex tubes, more or less coloured, the phenomenon spreading up to the cooling system level. Downwards, the convection slowing down could be also noticed. In case of the bigger diameter cylindric towers models, the anemometer showed that on the sheell outlet surface the air circulation is not unidirectional and that there are some areas where the circulation is upward and some others where it is downward. The upward circulation areas can become downward circulation areas, and the other way round.

By assembling some grates on the shell upper part (on the models) a much higher temperature of the inner fluid could be maintained. The same effect could be noticed at the hyperbolic shape towers, in comparison with the cylindric towers, where the inner temperature is much reduced and the wind amplifies the convective mixing phenomenon.

1. Tirajul turnului de răcire, date teoretice, constatări experimentale

Tirajul natural apare datorită diferențelor de greutate specifică între coloana de aer rece exterior și coloana de aer cald din interiorul turnului, fiind calculat în mod uzual cu expresia :

$$\Delta p_A = H \cdot g \cdot (\rho_1 - \rho_2), \ [N/m^2] \qquad (1)$$

unde : H reprezintă înălțimea coșului de tiraj, în m;

g — accelerația gravitațională, în m/s^2;

$\rho_1(\rho_2)$ — densitatea aerului exterior, respectiv a aerului din coșul de tiraj, în kg/m^3.

Această formulă este valabilă cînd temperatura aerului se consideră constantă în lungul cojii, ea scăzînd brusc la ieșirea din coș, prin amestecul cu aerul exterior pînă la temperatura mediului ambiant.

Din experiențele lui Bryant și Davidson [2] rezultă că înălțimea de tiraj efectivă este egală sau mai mare decît H. Mărirea tirajului se produce datorită coloanei de aer cald ce iese din turn (panașul) și care se continuă deasupra coșului.

În acest sens, respectivii autori calculează tirajul cu relația :

$$\Delta p_A = H_{ef} \cdot g \cdot (\rho_1 - \rho_2), \qquad (2)$$

unde H_{ef} reprezintă o înălțime fictivă de tiraj ($H_{ef} \geqslant H$).

La aceleași concluzii ajunge și Berliner [1], care distinge în funcționarea turnului două zone :

— zona din interiorul turnului, în care curgerea este adiabatică, fără amestec cu aer exterior;

— zona de deasupra turnului, în care aerul interior se amestecă treptat cu cel exterior.

În 1974 ICEMENERG a efectuat măsurători la turnul de răcire de la Rovinari.

* Ing. Monica Sava — Institutul Politehnic București, Facultatea de Energetică.

Măsurînd pierderea de presiune (Δp) a aerului între zona de intrare și cea de deasupra sistemului de distribuție, densitățile aerului exterior (ρ_1) și a celui de la ieșirea din sistemul de răcire (ρ_2), cît și viteza aerului la ieșirea din coș (v), s-a calculat :

$$H_{ef} = \left(\Delta p + \frac{\rho_1 + \rho_2}{2} v^2\right)[g \cdot (\rho_1 - \rho_2)] \text{ [m]}. \quad (3)$$

Această înălțime de tiraj a fost mai mare, egală și chiar mai mică decît înălțimea de tiraj H.

Teoriile anterioare explicau situațiile ($H_{ef} \geqslant H$), iar pentru cazul $H_{ef} < H$ existau mai multe explicații :

— neetanșeități ale cojii ;
— pierderi de căldură prin coajă ;
— stratificația aerului înconjurător [1] ;
— vîntul.

2. Convecția la partea superioară a cojii turnului, rezultate experimentale

Referitor la existența unei înălțimi efective de tiraj, H_{ef}, mai mică decît înălțimea coșului, evidențiată de măsurătorile ICEMENERG, neetanșeități ale cojii nu există, turnul fiind din beton. Pierderile de căldură prin pereții coșului au fost calculate și sînt neglijabile, neexplicînd fenomenul.

Nu s-au făcut măsurători pentru a evidenția stratificația aerului înconjurător, iar viteza vîntului nu a avut variații mari în timpul măsurătorilor.

S-a considerat că un efect determinant, față de toate cauzele enunțate anterior, l-ar avea pătrunderea prin convecție, în interiorul coșului de tiraj, a aerului rece de deasupra acestuia, ca urmare a forțelor gravitaționale, deci curgerea aerului prin turn nu ar fi adiabatică și fără amestec cu aerul exterior, așa cum susțineau teoriile anterioare.

Pentru a verifica această ipoteză, începînd cu anul 1974 s-au efectuat măsurători pe modele, utilizîndu-se ca fluid apa, concluziile și rezultatele măsurătorilor fiind prezentate în anul 1976 [3].

Ulterior s-au efectuat experiențe pe modele în care fluidul a fost aerul, mediul ambiant fiind în stare de calm (la modelele cu aer s-a analizat și influența vîntului) și măsurători de temperatură a aerului în interiorul coșului, la turnuri de răcire existente [4].

În toate cazurile, experiențele au evidențiat existența fenomenului de convecție, care perturbă temperatura fluidului interior. Modelele au fost de formă cilindrică (la apă și aer) și hiperbolică (la aer), raportul între înălțimea coșului (H) și diametrul la baza cojii (D) fiind situat în domeniul uzual (fig. 1). În toate situațiile, curba de variație a temperaturilor în coș, deasupra sistemului de răcire, a avut o alură scăzătoare (fig. 2 și fig. 3). Se remarcă o diminuare rapidă a temperaturii aerului imediat deasupra sistemului de răcire, după care ea scade mai lent, coloana fluidului interior menținîndu-și o temperatură mai ridicată decît a mediului ambiant și după ieșirea din coșul de tiraj. Efectul acestui fenomen perturbator este cu atît mai puternic cu cît diametrul cojii este mai mare, debitul de fluid mai redus (viteze mici) și cu cît diferența între temperatura fluidului cald, din interior, și a celui rece, din exteriorul cojii, este mai ridicată.

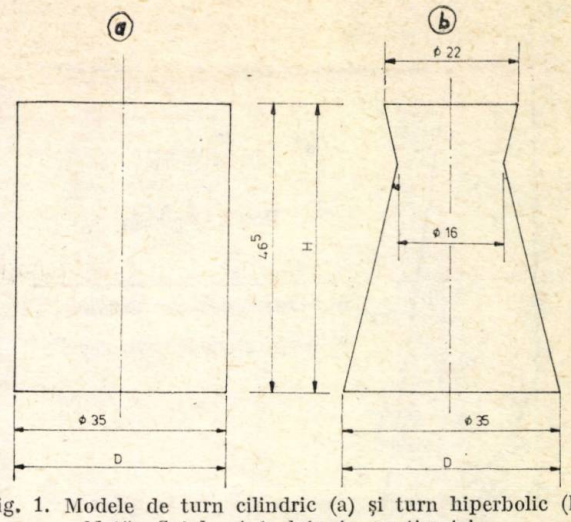


Fig. 1. Modele de turn cilindric (a) și turn hiperbolic (b).
Notă. Cotele sînt date în centimetri.

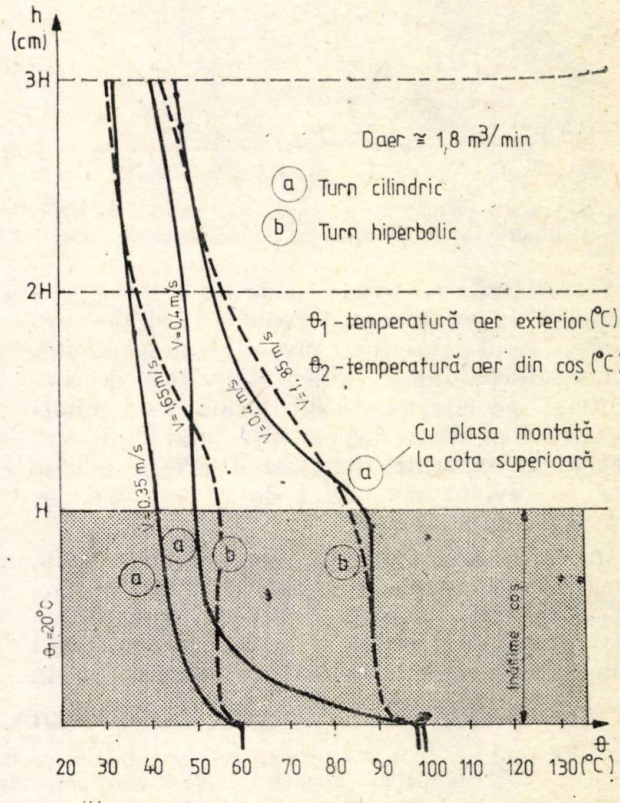


Fig. 2. Variația pe înălțime a temperaturii aerului de coș : $\theta_2 = f(h)$ la turnul cilindric (a) și cel hiperbolic (b).

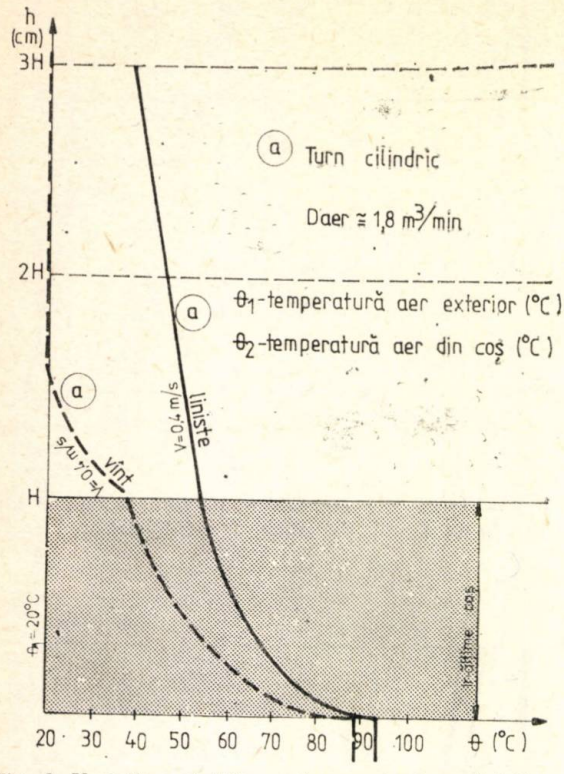


Fig. 3. Variația pe înălțime a temperaturii aerului din coș la turnul cilindric (a) în situațiile de liniște, respectiv vînt.

Vizualizările efectuate au creat o imagine a modului de producere a fenomenului de convecție. Apar curenți convectivi descendenți, atît sub forma unor tuburi de vîrtej descendente și incolore, cît și sub forma unor tuburi de curent similare, ascendente, mai mult sau mai puțin colorate, fenomenul propagîndu-se pînă la nivelul sistemului de răcire, mai jos convecția fiind frînată.

În cazul modelului de turn cilindric Ø35, anemometrul a pus în evidență faptul că circulația aerului nu se face într-o singură direcție, ci că pe suprafața de ieșire din coș există zone în care circulația este ascendentă, iar în altele descendentă, zonele de circulație ascendentă putînd deveni descendente și invers.

Montarea unor plase la partea superioară a coșului (pe model) a condus la menținerea unei temperaturi mult mai ridicate a fluidului interior; același efect a fost observat și la turnurile de formă hiperbolică, față de cele cilindrice.

Concluzii

În urma experiențelor și măsurătorilor efectuate de autor, a fost pusă în evidență existența unui fenomen de convecție în interiorul coșului, ca urmare a forțelor gravitaționale, fenomen determinant în diminuarea tirajului.

Prin aceasta se demonstrează că în interiorul coșului de tiraj curgerea nu este adiabatică și fără amestec cu aer exterior (ipoteză de calcul luată în teoriile anterioare), ci are un caracter neuniform termic datorită convecției din interiorul coșului, iar vîntul amplifică acest fenomen.

Experiențele confirmă prezența și efectul pozitiv al coloanei de aer cald de deasupra coșului. Ținînd seama de variația densității aerului pe înălțime, tirajul poate fi exprimat prin relația (2), unde H_{ef} va fi dat de formula:

$$H_{ef} = \left[\int_0^h (\rho_1 - \rho_2)\, dh\right] / (\rho_1 - \rho_2 \text{ inițial}) \cdot [\text{m}] \quad (4)$$

Cercetări ulterioare vor urmări stabilirea unor relații criteriale care să determine mărimea tirajului, ținînd seama de fenomenele relatate anterior.

Bibliografie

[1] Berliner, B. *Kühltürme mit natürlichem.* In: Zug—Klima + Kälte, nr. 8/74, Teil 4.2.

[2] Chapelle, M. *Refrigerants atmospherique a tirage naturel.* In: Révue Général Termique, nr. 46—47, 1965.

[3] Sava, I. M. *Studii teoretice și experimentale privind comportarea termică și aerodinamică a sistemelor de răcire combinate.* Referat doctorat, iunie 1976, I.P. Timișoara.

[4] Sava I. M. *Contribuții teoretice și experimentale privind comportarea termică și aerodinamică a turnurilor de răcire.* Teză de doctorat, mai 1985, I. P. Timișoara.

NOTA REDACȚIEI

Reține în mod deosebit atenția concluzia articolului asupra efectului perturbator al vîntului privind înălțimea efectivă de tiraj a turnului, ca urmare a formării de circulație convectivă și turbulentă mecanică parazită. Acestea sînt mai însemnate la turnurile cilindrice decît la cele cu contur hiperbolic.

O concluzie similară apare în revista VGB Kraftwerkstechnik, vol. 64, nr. 9 sept. 1984 în articolul „Cercetările pentru conturul optimal al turnurilor de răcire mari cu tiraj natural" (H= 160 m, diametrul bazei 128 m, aferente unităților nucleare de 1300 MWe) de v. Tesche, W, de la firma Balcke — Dürr.

La noi în țară, din motiv de simplificare a execuției turnurilor de răcire, se dă preferință, în mod generalizat coșurilor de tiraj cilindrice.

Apreciem că este totuși de analizat, pe baza datelor despre fizica atmosferei, în funcție de nivelul de vînt pe amplasamentul considerat, dacă un turn hiperbolic nu compensează, prin avantajele unei temperaturi mai coborîte a apei, efortul suplimentar la execuție.

Așadar, ar fi util ca decizia pentru tipul turnului să se ia diferențiat, pe baza unui calcul tehnico-economic.

La prima vedere turnurile cilindrice ar avea prioritate la centralele de termoficare, cu utilizarea mai redusă a cozii de condensație, în timp ce cele hiperbolice ar putea fi avantajoase la centralele de condensație cu număr mare de ore de utilizare a puterii instalate și în principal la centralele nucleare.

Conf. dr. ing. Costin Moțoiu
Responsabilul grupei Centrale electrice

Rezultatele cercetărilor experimentale privind funcționarea cazanului de 165 t/h din CET Oradea cu concentratoare centrifugale de praf de cărbune

Ing. Mircea Rădulescu, ing. Cristian Totolo, sing. Emil Trifa*

Descriptori : centrale electrice, cazane cu abur, combustibili solizi

Introducere

Agregatul de cazan supus modernizării este de tipul RO—165, cu circulație naturală, fără supraîncălzire intermediară, fabricat de firma GANZ — R. P. Ungară.

Parametrii nominali de funcționare ai cazanului sînt :

— debit de abur	—	45,833 kg/s (165 t/h)
— presiune abur viu	—	13,7 MPa
— temperatură abur viu	—	813 K
— temperatură apă alimentare	—	488 K

Cărbunele de proiect are următoarele caracteristici :

— putere calorifică inferioară	—	8,820 MJ/kg (2100 kcal/kg)
— umiditate totală la masa inițială	—	34%
— cenușa la masa inițială	—	27,5%
— materii volatile la masa inițială	—	22%

Sistemul de preparare a prafului de cărbune este compus din patru mori ventilator de tipul N—70,75, licență KSG, cu debit nominal pentru cărbunele de proiect de 5,833 kg/s (21,0 t/h).

Focarul este caracterizat prin următorii indici funcționali :

— încărcarea termică specifică a volumului $q_v = 144{,}55$ kW/m³;

— încărcarea termică specifică a secțiunii $q_s = 2109{,}33$ kW/m²;

— încărcarea termică specifică a suprafeței brîului de arzătoare, $q_{SA} = 1036$ kW/m²;

— încărcarea termică specifică a volumului zonei arzătoarelor, $q_{VA} = 521{,}96$ kW/m³.

În ultimii ani banda de calitate a cărbunelui cu care este alimentată CET Oradea a înregistrat o depreciere accentuată, media puterii calorice situîndu-se în prezent în jurul valorii de $Q_i^i = 7{,}56$ M/kg (1850 kcal/kg), iar limita inferioară în jurul valorii de $Q_i^i = 6{,}93$ MJ/kg (1650 kcal/kg).

Deși capacitatea de măcinare a morilor din dotarea cazanului satisface condițiile de debit chiar și în această situație condițiile de aprindere și de ardere s-au înrăutățit simțitor. Ca urmare consumul de păcură pentru susținerea flăcării de cărbune a înregistrat o creștere considerabilă. În 1983, spre exemplu, acest consum a atins pentru un cazan valoarea de 8300 tone, ceea ce reprezintă un aport caloric de 8%. În scopul reducerii și chiar eliminării consumului de păcură s-a propus ca soluție introducerea unui concentrator centrifugal de cărbune praf cu palete fixe, pe conducta de legătură moară-arzător. Soluția vizează restabilirea condițiilor corespunzătoare de aprindere și ardere, prin creșterea temperaturii teoretice de ardere ca urmare a îndepărtării unei părți considerabile din agentul de uscare și transport aferent arzătorului de bază.

1. Descrierea concentratorului centrifugal de cărbune praf și a arzătorului

Concentratorul centrifugal cu palete fixe (fig. 1) este un dispozitiv static compus dintr-un suport aerodinamic central, pe circumferința căruia este amplasat radial un număr corespunzător de palete de turbionare. Ansamblul este introdus coaxial într-un canal circular, de peretele căruia se rigidizează prin sudură.

Dispozitivul astfel realizat are rolul de a imprima o mișcare de rotație amestecului bifazic agent de uscare și transport praf de cărbune ; ca urmare, în secțiunea canalului la ieșirea din concentrator apar două zone distincte :

— o zonă avînd forma unui sector inelar, situată la periferie, caracterizată printr-o concentrație mare a prafului de cărbune, dirijată spre arzătorul de bază ;

— o zonă de formă circulară, situată în centrul canalului, în care concentrația prafului este mică, dirijată spre un arzător de balast.

În urma cercetărilor efectuate s-a stabilit că asigurarea aprinderii și arderii stabile în toată banda de calitate a cărbunelui care alimentează cazanul de 165 t/h poate fi obținută prin introducerea unui concentrator cu următorii parametrii funcționali :

— grad de separare pe praf, $g = 0{,}89$;

— grad de separare pe agent, $l = 0{,}35$;

— raportul $l/g = 0{,}395$.

Debitul agentului de uscare și transport la intrarea în concentrator, calculat în cadrul bilanțului morii pentru limita inferioară a benzii de calitate a cărbunelui, este de 27,043 m³/s. Impunînd viteza la intrare de $W_0 = 20$ m/s a rezultat diametrul conductei concentratorului $D_c = 1{,}31$ m. Funcție de aceasta

* Ing. Mircea Rădulescu, ing. Cristian Totolo — cercetători științifici principali, sing. Emil Trifa — ICEMENERG.

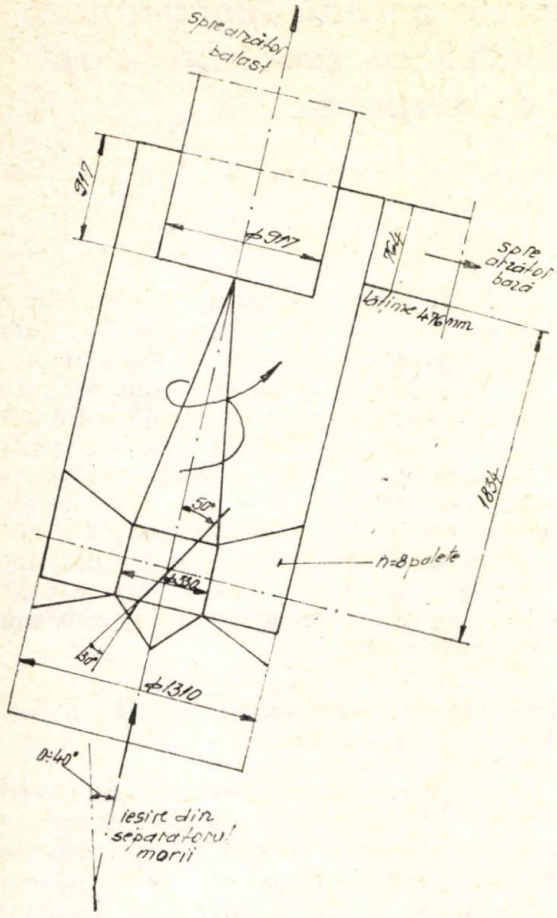


Fig. 1. Dimensiuni principale ale concentratorului centrifugal de cărbune praf.

au fost determinate celelalte dimensiuni ale concentratorului [1].

Construcţia concentratorului de praf este prezentată în figura 1.

Totodată, avînd în vedere gradele de separare pentru praf şi pentru agentul de uscare şi transport, în urma calculelor a fost dimensionat arzătorul în noua soluţie (fig. 2).

În tabelul 1 sînt prezentaţi principalii parametri care au stat la baza calculului de dimensionare a arzătorului.

2. Experimentarea concentratorului centrifugal de cărbune praf la un sistem de preparare şi ardere a prafului

Soluţia a fost aplicată mai întîi cu titlu experimental la un singur sistem de preparare şi ardere a prafului la cazanul de 165 t/h.

Asupra sistemului de preparare şi ardere modificat au fost efectuate o serie de probe şi experimentări care au vizat :

— verificarea capacităţii de măcinare a morii ;

— verificarea capacităţii de ventilaţie a morii :

— verificarea gradului de separare a prafului de cărbune (g) :

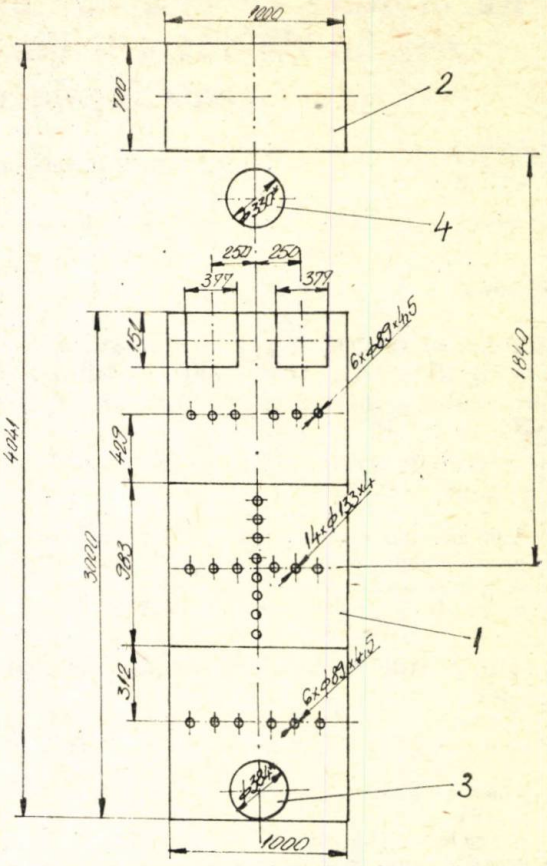


Fig. 2. Dimensiuni principale ale arzătorului de cărbune praf : 1 — arzător de bază ; 2 — arzător de balast ; 3 — arzător de păcură inferior ; 4 — arzător de păcură superior.

Tabelul 1

Principalii paramentri care au stat la baza calculului de dimensionare a arzătorului

Încărcarea termică specifică a suprafeţei briului de arzătoare, q_{SA}[MW/m²]	Încărcarea termică specifică a volumului zonei arzătoarelor, q_{VA}[kW/m³]	Sarcina termică a instalaţiei, Q_T[MW]	Cantitatea de aer pe arzător, V_{ARZ}[m³N]
1,6—1,28	523	137,35	16,76

Arzătorul de bază			
Amestec primar		Aer secundar	
Cantitate (170°C) V_p[m³/s]	Viteză insuflare W_p[m/s]	Cantitate (250°C) V_s[m³/s]	Viteză insuflare W_s[m/s]
9,466	12,0	19,196	40

Arzătorul de balast			
Amestec primar		Amestec secundar	
Cantitate (170°C) V_p[m³/s]	Viteză insuflare W_p[m/s]	Cantitate (250°C) V_s[m³/s]	Viteză insuflare W_s[m/s]
17,579	25	0,00	40

— verificarea gradului de separare a agentului de uscare și transport (l).

Rezultatele experimentărilor au scos în evidență următoarele :

a) Capacitatea de măcinare a morii nu a avut de suferit ca urmare a introducerii concentratorului. Prin măsurători a fost determinat un debit de cărbune brut $B = 6{,}79$ kg/s (24,4 t/h). Acesta este mai mare cu 16,2 % față de debitul nominal pentru cărbunele de proiect (5,833 kg/s) și cu 2,5 % față de necesarul de debit determinat prin calcul pentru cărbunele situat la limita inferioară a benzii de calitate ($B_0 = 6{,}627$ kg/s).

b) Capacitatea de ventilație a morii satisface și în noua situație ; prin măsurători directe a fost determinat un debit de agent de uscare și transport la intrarea în concentrator de $D = 25{,}505$ m³/s față de $D_0 = 26{,}944$ m³/s determinat prin calcul. Pierderea de presiune datorată concentratorului de praf a fost măsurată, situîndu-se la o valoare apropiată de cea de calcul (42 mm H_2O față de 50 mm H_2O calculată).

c) Gradul de separare a prafului de cărbune a fost determinat prin măsurători directe ale debitelor de praf la intrarea în concentrator și în secțiunea canalului arzătorului de bază. În secțiunea canalului aferent arzătorului de balast măsurarea debitului de cărbune praf nu a fost posibilă, deoarece umiditatea crescută a agentului de uscare și transport a condus la apariția de condens în instalația de prelevare.

Măsurătorile au evidențiat un grad de separare a prafului de cărbune de $g = 0{,}91$, superior celui impus la dimensionarea concentratorului ($g_0 = 0{,}89$).

d) Gradul de separare a agentului de uscare și transport a fost determinat prin măsurători directe asupra cîmpurilor de viteze în secțiunile canalelor la intrarea în concentrator, la intrarea în arzătorul de bază și la intrarea în arzătorul de balast. În urma măsurătorilor a fost determinat un grad de separare $l = 0{,}42 \div 0{,}44$ inferior celui impus la dimensionarea concentratorului

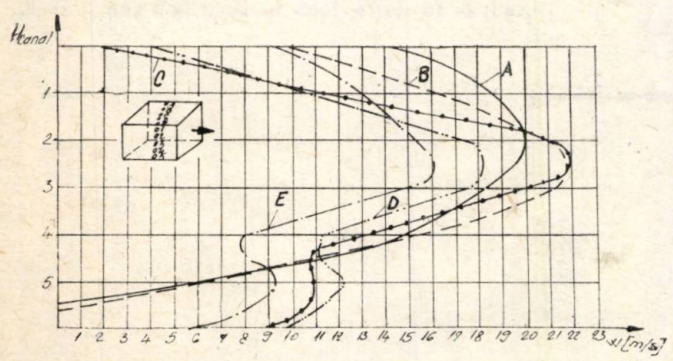


Fig. 3. Cîmpul de viteze ale agentului de uscare și transport în conducta arzătorului de bază.

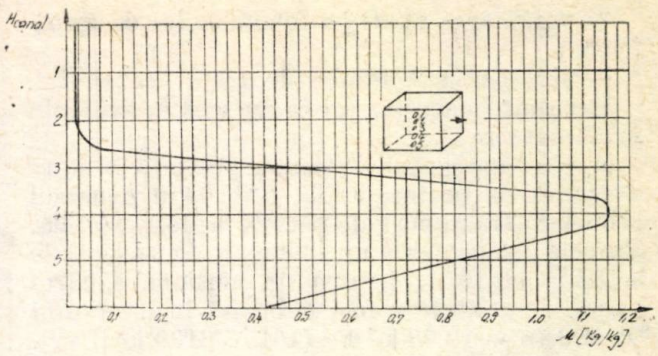


Fig. 4. Repartiția concentrației prafului de cărbune în agentul de uscare și transport pe înălțimea conductei arzătorului de bază.

În cadrul acelorași măsurători au fost trasate cîmpurile de viteze ale agentului de uscare și transport în cele trei secțiuni de măsură. În secțiunile canalelor la intrare în concentratoare și la intrarea în arzătorul de balast, cîmpurile de viteze au fost uniforme. În secțiunile canalului la intrarea în arzătorul de bază, cîmpul de viteze prezintă, însă, variații accentuate.

Din figura 3 se poate observa că, datorită ieșirii tangențiale din corpul concentratorului, în partea stîngă a secțiunii canalului aferent arzătorului de bază (curba A) vitezele sînt mai mari decît în partea dreaptă. Aceasta este cauza pentru care, în cadrul probelor preliminarii la funcționarea fără insuflare de aer secundar la baza canalului spre arzătorul de bază, au avut loc depuneri de praf.

Prin insuflarea de aer secundar, vitezele în partea inferioară a canalului au crescut cu circa $\Delta W = 6 - 9$ m/s. Prin aceasta, nucleul concentrației maxime a prafului de cărbune s-a deplasat pe verticală în apropierea axei canalului, evitîndu-se astfel depunerile de praf și favorizînd, totodată, repartiția uniformă a prafului de cărbune pe cele patru sectoare ale arzătorului de bază. În figura 4 este prezentată repartiția concentrației prafului de cărbune în agentul de uscare și transport pe înălțimea canalului aferent arzătorului de bază în secțiunea de măsură, la funcționarea cu insuflare de aer secundar la baza canalului.

Rezultatele pozitive ale experimentărilor au condus la generalizarea soluției la toate sistemele de preparare și ardere aferente unui cazan.

3. Funcționarea cazanului cu sistemele de preparare și ardere a prafului echipate cu concentratoare centrifugale

După generalizarea soluției la toate sistemele de preparare și ardere aferente cazanului a fost efectuată o nouă serie de probe și experimentări, care au vizat :

— verificarea stabilității arderii ;

— verificarea pierderilor prin nearse mecanice ;

— verificarea apariţiei fenomenului de zgurificare;

— verificarea regimului de aer al cazanului.

Rezultatele acestor probe au scos în evidenţă următoarele:

a. Deşi agregatul de cazan prezintă o stare avansată de neetanşeitate, arderea în decursul probelor fără suport de păcură a fost stabilă. Probele au acoperit un domeniu de sarcină de la 58 % la 102 % pentru un cărbune a cărui bandă de calitate a fost cuprinsă în intervalul $Q_i^t = 6{,}76 - 12{,}98$ kJ/kg (1615—3100 kcal/kg). Întreg domeniul de sarcină amintit a fost acoperit funcţionîndu-se cu trei mori. Pentru cărbuni cu puterea calorifică ridicată, limita inferioară a domeniului de sarcină a fost acoperită funcţionîndu-se cu numai două mori, fără ca stabilitatea arderii să aibă de suferit.

b. La funcţionarea cazanului cu concentratoare de praf pierderile prin nearse mecanice au rămas, practic, aceleaşi ca înainte de modernizare, nearsele în zgură avînd valori de 19—25 %, iar în cenuşa zburătoare de 1,7—3,5 %.

c. În ceea ce priveşte fenomenul de zgurificare a fost efectuat un număr de 10 probe fără suport de păcură, cu cărbuni avînd puterea calorifică în toată banda de calitate, fără apariţia zgurificării focarului. Excepţie a făcut o singură probă pe cărbune avînd $Q_i^t = 12{,}98$ MJ/kg (3100 kcal/kg) în timpul căreia a fost observată apariţia fenomenului de zgurificare, care, însă nu a atins proporţii îngrijorătoare. Evacuarea zgurii nu a ridicat probleme.

Din rezultatele exploatării se poate trage concluzia că, prin reducerea temperaturii gazelor de ardere la sfîrşitul focarului, caracteristică trecerii de la schema de insuflare directă la cea cu concentratoare de praf, nu a apărut deloc fenomenul de zgurificare a turnurilor de uscare, caracteristic funcţionării dinainte de modificare.

d. Regimul de aer al cazanului nu a putut fi reglat corespunzător din cauza neetanşeităţilor avansate ale sistemelor de preparare a prafului de cărbune, unde infiltraţiile de aer au atins valoarea de $\Delta\alpha = 0{,}755$ faţă de valoarea de proiect $\Delta\alpha = 0{,}2$. Chiar şi în camera focară infiltraţiile de aer fals au avut valori duble faţă de valoarea recomandată ($\Delta\alpha_f = 0{,}1$). Aceste impedimente au influenţat negativ regimurile de viteze în arzătoarele de praf, în special pe partea de aer secundar.

e. Creşterea temperaturii în focar în zona arzătorului de bază a condus la creşterea cantităţii de căldură transmisă prin radiaţie şi scăderea cantităţii de căldură transmisă în partea de convecţie a cazanului. Cu toate acestea temperatura nominală a aburului viu a fost realizată în domeniul de sarcini 70 %—100 %.

Concluzii

Un cazan de abur de 165 t/h din CET Oradea a fost echipat cu concentratoare de praf, cu parametrii determinaţi prin măsurători: $g = 0{,}91$, $l = 0{,}42-0{,}44$.

Cu toate că probele au scos în evidenţă un grad de separare pe partea agentului de uscare şi transport, inferior celui impus la dimensionarea concentratorului de praf, stabilitatea arderii în absenţa flăcării suport de păcură a fost bună.

Introducerea concentratorului de praf nu a influenţat negativ capacitatea de măcinare şi ventilare a morii.

Ţinînd cont că aplicarea soluţiei a vizat acoperirea domeniului de sarcină a cazanului cuprins între 60—100 %, la funcţionarea cu trei mori pentru un cărbune cu puterea calorifică inferioară de minimum $Q_i^t = 6{,}930$ MJ/kg, fără aport de păcură, rezultă că scopul propus a fost atins. În acest context, soluţia urmează a fi extinsă şi la al doilea cazan de acelaşi tip. Pentru înlăturarea impedimentelor legate de regimurile de viteze deficitare în arzătoare, pentru cel de al doilea cazan s-a hotărît reproiectarea arzătoarelor de praf, ţinînd cont de starea reală de etanşeitate a sistemelor de preparare în regim de exploatare.

Bibliografie

[1] Maslov, V. E. *Pîleconcentratori v topocinoi tehnike*. Ed. Energhiia, Moscova, 1977.

(Primit la 18 aprilie 1985, acceptat la 5 august 1985)

Evoluția concepției și soluțiilor echipamentului mecanic al centralelor hidroelectrice. I. Echipamentul principal

Ing. Gheorghe Opriș *

Descriptori : centrale hidroelectrice, echipament mecanic principal, alegerea tipului și parametrilor, evoluția concepției

Varietatea condițiilor naturale de relief și de mărime a potențialului hidroenergetic al cursurilor de apă din țara noastră a implicat folosirea unei game largi de tipuri de turbine hidraulice și echipamente hidromecanice, precum și o varietate de tipodimensiuni ale acestora. Pe de altă parte, ritmul intens de amenajare a acestui potențial și avantajele cunoscute ale tipizării construcțiilor și utilajelor tehnologice au impus ca prin proiectare să se atenueze cît mai mult cu putință efectul condițiilor naturale.

Rămîne specific amenajărilor hidroenergetice caracterul de unicat sau de serie mică (maximum 40 buc.) al echipamentelor acestora. În plus, continua perfecționare a tipurilor și soluțiilor constructive înregistrată pe plan mondial și urmată cu consecvență și de țara noastră a făcut să se diversifice și mai mult tipurile de echipamente. Aceste condiții au determinat o mare varietate de soluții, precum și evoluția în timp a acestora.

1. Turbine Pelton

La nielul anilor '50, cînd s-au proiectat primele centrale de mare cădere (Moroeni 235 m și Sadu V 405 m), singura soluție disponibilă pentru puteri relativ mici era cea cu turbine Pelton, orizontale, cu un rotor (Sadu V) sau două rotoare (Moroeni). Deși unii ofertanți propuseseră pentru Moroeni și o variantă cu turbine Francis, ceea ce ar fi constituit un record la acea vreme pentru țara noastră, furnizorul desemnat nu a fost în măsură să ofere turbine Francis pentru căderea de 235 m.

În decursul anilor '60, proiectîndu-se și realizîndu-se următoarea centrală de mare cădere, Lotru, echiparea ei a ridicat probleme deosebite, determinate de mărimea puterii (510 MW) și a căderii (H_{max} = 805 m). Primele variante de echipare prevedeau utilizarea de turbine Pelton orizontale cu două rotoare, cîte unul de fiecare parte a generatorului, numărul agregatelor fiind inițial de cinci apoi de patru.

Dezvoltarea pe plan mondial a tipului Pelton vertical, cu un rotor și mai multe injectoare (pînă la șase), care conducea la turații mai mari și deci la dimensiuni mai mici, la greutăți și costuri mai reduse ale turbinei și generatorului, a determinat abandonarea soluției cu ax orizontal și trecerea la soluția cu trei agregate verticale, cu un rotor și cîte șase injectoare pe rotor, cu putere unitară de 170 MW (locul II în lume ca putere unitară, la data fabricării, anul 1971).

Soluția cu două agregate de 255 MW ar fi depășit, la acea dată, recordul mondial de putere al turbinelor Pelton, care era de 200 MW (CHE Mont Cenis din Franța).

Fabricarea acestor agregate de către ICM Reșița, în cooperare cu firmele franceze Alsthom și Neyrpic, a permis asimilarea fabricării în țară a acestui tip de turbină, care și în prezent reprezintă soluția optimă de echipare a centralelor cu căderi foarte mari (peste 600 m).

2. Turbine Francis

Primele centrale, de mare putere, cu turbine Francis au fost CHE „V. I. Lenin" Bicaz (pusă în funcțiune în 1960—1961) și „Gh. Gheorghiu-Dej" Argeș (pusă în funcțiune în 1966), echipate cu turbine de fabricație cehoslovacă (firma CKD Blansko).

Instalarea în centrala Stejaru a amenajării Bicaz a șase grupuri de putere inegală (4 × × 27,5 MW + 2 × 50 MW) a fost impusă de necesitatea utilizării unor hidroagregate existente, deja procurate. Echiparea obișnuită la acea dată era cu patru agregate egale. Ar fi fost normal ca și centrala de pe Argeș să fie echipată cu un număr mai redus de agregate (trei sau chiar două), întrucît la data proiectării puterile unitare care rezultau nu ridicau probleme deosebite. Hotărîtor pentru echiparea cu patru agregate a 55 MW a fost faptul că această centrală era prima centrală subterană proiectată în țară și că în condițiile geologice date ale amplasamentului ales nu era recomandabil să se depășească o anumită deschidere a cavernei sălii mașinilor.

Pași hotărîtori în asimilarea proiectării și realizării centralelor echipate cu turbine Francis s-au făcut însă la următoarea amenajare de mare cădere de pe Someșul Cald, care cuprinde centralele Mărișelu (pusă în funcțiune în 1976) și Tarnița (pusă în funcțiune în 1974).

* Ing. Gheorghe Opriș — proiectant ISPH.

La această amenajare s-au realizat următoarele premiere tehnice:

— prima amenajare cu agregate Francis de mare putere, proiectată integral de ISPH;

— primele hidroagregate cu turbine Francis de mare putere (85 MW) de concepție românească, fabricate integral în țară;

— utilizarea turbinei Francis la o cădere maximă de 470 m, ceea ce a permis ca, pe baza rezultatelor obținute în exploatare, să se mărească în continuare căderea turbinelor Francis pînă la 574 m (CHE Rîul Mare — Retezat). Creșterea continuă a căderii de funcționare a turbinelor Francis și a puterii unitare a acestora a caracterizat echiparea centralelor de acest tip (tabelul 1);

— primele hidroagregate Francis de mare putere, care s-au refolosit integral și în altă amenajare, în total cinci bucăți (trei la CHE Mărișelu și două la CAE Gîlceag — Sebeș).

Asimilarea concepției și fabricației agregatelor cu turbine Francis de mare putere pentru toată gama de căderi a permis ca toate amenajările de medie și mare cădere (de la 50 ÷ 600 m) realizate ulterior în țară să fie proiectate și realizate din punctul de vedere al echipării exclusiv prin forțe proprii.

Aceste centrale sînt: Motru 50 MW, Gîlceag 150 MW, Brădișor 115 MW, Tismana 106 MW, Șugag 150 MW, Remeți 100 MW, Munteni 50 MW, Retezat 335 MW, Clăbucet 64 MW, Săscior 42 MW, Ruieni 140 MW, Rîul Alb 40 MW, Nehoiași — căderea Siriu 42 MW, Nehoiași — căderea Surduc 164 MW și altele.

Totodată, s-au creat premisele pentru ca proiectanții români să efectueze lucrări pentru alte țări în acest domeniu, pînă în prezent realizîndu-se sau fiind în curs de desfășurare proiecte pentru centralele: Kapulukaya (Turcia), Vafreghan, Alavian, Marun și altele (Iran).

Tabelul 1

Anul p.i.f.	Centrala	Căderea maximă [m]	Puterea unitară [MW]
1960	Stejaru Et. I	149	27,5
1961	Stejaru Et. II	149	50
1966	Corbeni Argeș	300	55
1976	Mărișelu	470	85
În montaj			
1984	Rîul Mare — Retezat	574	167,5

3. Turbine Kaplan

3.1. Turbina Kaplan verticală în cameră spirală (KVS)

Spre deosebire de amenajările de medie și mare cădere, echipate cu turbine Francis sau Pelton, cele de joasă cădere de pe rîurile interioare au fost proiectate integral în țară încă de la primele amenajări (cascada Bistrița-aval), fabricația în țară a acestor tipuri de

Tabelul 2

Tipodimensiunea, D_{rotor} [mm]	Numărul turbinelor instalate pe cascadă					Numărul turbinelor dintr-o tipodimensiune
	Bistrița aval	Argeș, aval	Olt, mijlociu	Siret	Rîul Mare, aval	
2400	—	—	—	—	2	2
2600	4	—	—	—	—	4
2750	10	16	—	—	14	40
3000	—	6	—	—	4	10
4000	2	8	—	—	—	10
4100	8	—	—	—	—	8
5400	—	—	22	6	—	28
5500	—	—	2	—	—	2
TOTAL	24	30	24	6	20	104
Număr de tipodimensiuni	4	3	2	1	3	9
Număr mediu de bucăți dintr-o tipodimensiune pe cascadă	6	10	12	6	6,7	11,5

turbine fiind asimilată în concepție românească încă din 1950 (turbinele CHE Tîrgu Mureș).

Prima cascadă de joasă cădere realizată, cascada Bistriței (pusă în funcțiune între anii 1962 — 1966), s-a caracterizat prin tipizarea căderilor și debitelor, ceea ce a dus la o largă reutilizare a turbinelor. Astfel, la 11 centrale s-au folosit numai patru tipodimensiuni de turbine, caracterizate prin diametrul rotorului de 2600, 2750, 4000 și 4100 mm, o a 12-a centrală a cascadei, CHE Vînători (fost Roznov I), are o echipare neobișnuită pentru puterea ei de 14 MW, fiind echipată cu patru grupuri de 3,5 MW de fabricație cehoslovacă, disponibile de la altă amenjare, și nu cu două grupuri, cum ar fi fost normal.

Principiul tipizării căderilor și debitelor instalate a fost cu fermitate aplicat la toate cascadele de pe rîurile interioare proiectate ulterior, cu rezultate spectaculoase în privința gradului de reutilizare a turbinelor Kaplan, de aceeași tipodimensiune, așa cum se constată din tabelul 2. O astfel de tipizare la scara teritoriului unei întregi țări este unică în lume.

Utilizarea aceleiași tipodimensiuni de turbină la căderi diferite s-a făcut prin modificarea turației de funcționare și deci cu modificări minime numai la generatorul antrenat.

Prin proiectul amenajării de la Porțile de Fier I s-a atins apogeul în domeniul turbinelor Kaplan în cameră spirală, echiparea acestei centrale făcîndu-se cu șase turbine (centrala românească) care dețineau mai multe recorduri pe plan mondial la data fabricării lor (1969), și anume :

— locul 1 în privința puterii unitare (178 MW) ;

— locul 1 în privința raportului P/n (178 MW/71,5 rot/min) ;

— locul 2 în privința diametrului rotorului (9, 5 m).

Proiectarea centralei s-a făcut în cooperare cu institutul sovietic de specialitate (Ghidroproiekt Moscova), care dispunea de o experiență mare în domeniul centralelor fluviale de joasă și medie cădere. La proiectarea și fabricarea turbinelor s-a cooperat cu fabrica LMZ (U.R.S.S.), care a livrat trei bucăți, celelalte trei bucăți fiind fabricate în țară, la ICM Reșița.

3.2. Turbina Kaplan orizontală în cameră tubulară (KOT) pentru agregate bulb

Asimilarea proiectării centralelor echipate cu turbine de tip KOT (Kaplan orizontale tubulare) a fost dictată de necesitatea echipării, în condiții tehnico-economice avantajoase, a căderilor foarte joase (sub 10 m).

Pentru rîurile interioare s-au proiectat și realizat în concepție proprie două centrale experimentale (Slatina pe Olt și Petrești pe Sebeș), de două tipodimensiuni diferite : medie (D_{rotor} =5000 mm) și mică (D_{rotor}=2000 mm).

Prin realizarea centralelor Porțile de Fier II, cu căderi de funcționare sub 10 m, s-a asimilat în cooperare cu Institutul Ghidroprojekt Moscova și proiectarea centralelor echipate cu turbine KOT de mari dimensiuni (D_{rotor} = = 7500 mm), dispuse în agregate de tip bulb (cu generatorul imersat în curentul de apă). Aceste turbine se situează pe locul doi în lume în privința diametrului rotorului.

4. Alte tipuri de mașini hidraulice

4.1. Mașini hidraulice reversibile

Ca și pe plan mondial și în țara noastră a apărut necesitatea echipării unor centrale cu mașini hidraulice reversibile (turbine—pompe), însă din rațiuni diferite de cele din majoritatea celorlalte țări. Datorită potențialului relativ important al țării noastre în centrale hidroelectrice gravitaționale de vîrf, pînă în prezent nu a fost nevoie, din considerente de sistem, de centrale de acumulare prin pompare, puterea centralelor gravitaționale de vîrf existente fiind suficientă.

Amenajarea în scopuri multiple a rîului Olt a impus însă necesitatea proiectării și asimilării unor agregate reversibile de joasă cădere, de putere medie, nu a celor de mare cădere și de mare putere cu care sînt echipate centralele hidroelectrice de acumulare prin pompaj, necesare sistemelor energetice din alte țări.

După instalarea unui grup experimental în CHE Slatina prevăzut cu mașină hidraulică tip Kaplan orizontală, tubulară, reversibilă (KOTR) s-a trecut la echiparea cu acest tip de mașină hidraulică a celor cinci centrale care formează cascada Oltul Inferior, între Slatina și Dunăre. Fiecare centrală este prevăzută cu cîte patru mașini de mărime medie (D_{rotor} = = 4500 mm), cu putere unitară de circa 14 MW, la o cădere de circa 13 m.

4.2. Pompe de acumulare

Principiul concentrării debitelor și căderilor, care a condus la realizarea unor centrale de mare cădere și de mare putere, a putut fi realizat și datorită prevederii unor stații de pompare de acumulare, care suplimentează stocul afluent în marile lacuri de acumulare prin pomparea unor debite situate la cote inferioare acestor lacuri (așa-zisul pompaj „în circuit deschis" sau „pompaj secundar").

În tabelul 3 se dau caracteristicile pompelor de acumulare prevăzute în stațiile de pompare realizate sau proiectate.

Considerații finale

Stadiul la care s-a ajuns în domeniul echipării amenajărilor hidroenergetice este rezumat în tabelul 4, care cuprinde datele de bază

ale celor mai reprezentative mașini hidraulice instalate sau în curs de instalare.

Rezultă, deci, că în domeniul centralelor hidroelectrice gravitaționale nivelul de echipare realizat cuprinde toată gama de tipuri de turbine hidraulice cunoscute, iar parametrii acestora se situează la cel mai ridicat nivel atins pe plan mondial. În domeniul centralelor de acumulare prin pompare (CHEAP) și al stațiilor de pompare de acumulare trebuie însușită echiparea cu mașini de mare putere și de mare cădere. În prezent, se conturează necesitatea realizării, și în țara noastră, a unor centrale de acumulare prin pompaj de mare putere și cădere, studiile și cercetările în vederea echipării acestora fiind

Tabelul 3

Denumirea amenajării	Denumirea stației de pompare	Caracteristicile pompei		
		Înălțimea de refulare [mH_2O]	Debitul [m^3/s]	Puterea [MW]
Lotru	Jidoaia	195	4,2	10
Lotru	Petrimanu	170	4,7	10
Lotru	Balindru	318	1	4
Drăgan Iad	Secueu	190	2,2	5
Gîlceag	Gîlceag	247	3	9,8

Tabelul 4

Denumirea CHE	Tipul mașinii hidraulice	Căderea nominală [m]	Debitul [m^3/s]	Puterea [MW]	Turația [rot/min]	Diametrul rotorului [m]	Greutatea [t]
Porțile de Fier II	Turbină Kaplan orizontală tubulară (KOT)	7,5	432	28	62,5	7,5	942
Porțile de Fier I	Turbină Kaplan verticală în cameră spirală (KVS)	27	735	178	71,5	9,5	1315
Retezat	Turbină Francis verticală în cameră spirală (FVS)	526	35,8	170	500	2,85	270
Lotru	Turbină Pelton verticală (PV)	731	27	174	375	2,95	260
Lotru (S.P. Jidoaia)	Pompă de acumulare Francis orizontală (FO)	195	4,2	10	1000	1,2	19
Cascada Oltul Inferior (5 centrale)	Mașină hidraulică reversibilă de tip Kaplan orizontală tubulară (KOTR)	T—12,8 P—13,7	125 58	14 12	125	4,5	318

Legendă: T — turbină
P — pompă

în plină desfășurare. Un prim studiu a precizat treapta de putere unitară ce urmează a fi adoptată și anume 250 MW/agregat. Întrucît trebuie să se ia în considerare căderi între 300 și 600 m, agregatul va fi de tip Francis reversibil, singurul utilizabil în prezent pe plan mondial în acest domeniu.

(Primit la 4 aprilie 1985, acceptat la 7 august 1985)

Normalizarea tensiunii joase în distribuția energiei electrice

Dr. ing. Traian-G. Ionescu, dr. ing. Eugeniu Pavel *

Descriptori : rețele electrice, tensiuni nominale, abateri admisibile

Normalization of Power Distribution Low Voltage

(Condensed from the paper in Romanian)

The problem of power distribution low voltage normalization incited many discussions in view of a reglementation by IEC. The publication nr. 38/1983 of IEC recommends for the low voltages (up to 1000 V included), the following rated values :

230/400 V, 277/480 V, 400/690 V and 1000 V.

The rated voltages over 230/400 V are devoted exclusively to industrial applications, or to commercial big building power feeding. So, the existent power distribution low voltages as 220/380 or 240/415 V in some countries, must be converted into the recommended value 230/400 V, the time limit of this operation being not more than 20 years since the apparition date of IEC nr. 38 publication)that is 1983).

In Romania, the generalized distribution low voltage is 220/380 V. In the past, there were more distribution voltages depending on the historical peculiarities of the towns or areas, but in the late seventies, the last power networks with abnormal voltage in our country (there was a 120/208 V network in Bucharest) was transformed into 220/380 V. This voltage was selected as being the most utilised in the European area.

Now, as Romania signed the IEC publication, we recognize the necessity of a new step intended to standardize, in the world-wide perspective, the power distribution low voltage.

The conversion into 230/400 V from 220/380 V raises many problems, especially in the transient period.

In this paper, the authors run over this problems, investigating the effects, the difficulties and the measures to adopt in our country, so that the final aim be fulfilled in a reasonable term. They came to the conclusion that there would appear significant inconveniences for the industrial, social, cultural and domestic consumers. Some difficulties are to be expected in the electrical lighting where the existing operating bulbs' life will be sensibly shortened. Regulation of actual rules and standards will be made, to adapt the new electrical apparatus series at the new voltage level.

The authors call the experts' attention to the fact that the level 1000 V in nr. 38 IEC publication would be better 1200 V, as in Soviet Union regulations (GOST 23366-78) because it corresponds to the natural voltage step :

$$690 \cdot \sqrt{3} = 1200 \text{ V}.$$

In this respect, the discussions remain open.

Folosirea unei singure tensiuni de 220/380 V în rețelele electrice de distribuție și utilizare de curent alternativ s-a generalizat în România în jurul anilor 1976—1977, cînd ultimele rețele electrice de 120/208 V din orașul București au fost trecute la tensiunea de 220/380 V, încheindu-se astfel acțiunea de unificare a tensiunilor în toate rețelele electrice de distribuție din țară. Alegerea tensiunii de 220/380 V în țara noastră nu s-a făcut pe baza unor studii care să justifice tehnic și economic această opțiune, dar este evident că s-a ales din tensiunile normalizate pe plan mondial aceea care era folosită curent de țările europene.

Dezvoltarea și intensificarea relațiilor economice internaționale impune în prezent, ca o necesitate, uniformizarea și standardizarea pe plan mondial în toate ramurile industriale. Sarcina uniformizării tensiunilor de utilizare a fost preluată de Comisia Electrotehnică Internațională (CEI), care, împreună cu Uniunea Internațională a Producătorilor și Distribuitorilor de Energie Electrică (UNIPEDE), au efectuat studii corespunzătoare și au făcut recomandări.

* Dr. ing. Traian—G. Ionescu— cercetător științific principal la ICEMENERG, dr. ing. Eugeniu Pavel—ICCE.

1. Tensiunile normalizate de CEI pentru rețelele electrice de JT

Problema normalizării unei valori unice a tensiunii joase în rețelele electrice de distribuție a comportat multe discuții pînă să se ajungă a fi reglementată de către Comisia Electrotehnică Internațională (CEI). Avîndu-se în vedere situația care exista în diferite țări, în publicația CEI 38/1975 și Amendamentul 1/ august 1977 „Tensions normales de la CEI" s-a recomandat ca în domeniul tensiunilor pînă la 1000 V, în rețelele trifazate cu trei sau patru conductoare, să fie normalizate următoarele valori [1] :

220/380 V ; 230/400 V ; 240/415 V ; 277/480 V ; 660 V ; 1000 V.

În reuniunile din 10—11 iunie 1977 la Moscova, 25 mai 1979 la Sydney și 24 noiembrie 1980 la Dubrovnik, s-a discutat foarte mult unificarea tensiunilor de 220/380 V, 230/400 V și 240/415 V și s-a propus elaborarea unui proiect care să înlocuiască tabelul tensiunilor nominale pînă la 1000 V [3].

Grupul de experți creat de către UNIPEDE pentru a analiza diferitele aspecte ale problemei unificării valorilor tensiunii nominale a ajuns la concluzia că singura poziție de luat în consi-

derare pentru menținerea temporară a tensiunilor nominale în rețelele de joasă tensiune folosite pînă în prezent este alegerea unei valori unice a tensiunii joase, care să fie de 230/400 V [4].

Examinînd situația pe plan mondial în ceea ce privește utilizarea celor trei serii de tensiuni, de 220/380 V, 230/400 V și 240/415 V, studiul întreprins de UNIPEDE constată că:

— seria 220/380 V este utilizată, în principal, în țările din Europa (inclusiv U.R.S.S.) și în țările africane, unde influența europeană este importantă (circa 1 miliard de utilizatori în anul 1976);

— seria 230/400 V se folosește în unele țări din Europa (circa 700 milioane de utilizatori). În Norvegia s-a decis recent adoptarea tensiunii nominale de 230/400 V, iar în Franța mai mult de 2000 comune și o parte importantă din orașul Paris utilizează această tensiune;

— seria 240/415 V este utilizată, în principal, în Marea Britanie și în țările Commonwealthului, utilizarea sa tinzînd să se răspîndească și în Extremul Orient (circa 150 milioane de utilizatori în anul 1976). Tensiunea de 240 V corespunde și tensiunii monofazate a rețelelor cu trei conductoare 120/240 V, reținută de asemenea în publicația CEI nr. 38/1975 și utilizată în Statele Unite ale Americii la frecvența nominală de 60 Hz.

Un mare număr de țări în curs de dezvoltare nu au adoptat încă o valoare normalizată a tensiunii și vor trebui să ia o hotărîre.

Tensiunea nominală U a unei rețele electrice este tensiunea pentru care ea este calculată și la care se referă anumite caracteristici de funcționare. Totodată i se asociază o plajă de variație $U_1 - U_2$, în interiorul căreia furnizorul de energie electrică trebuie, în funcționare normală, să mențină tensiunea în toate punctele rețelei, în orice moment. Din punct de vedere practic, acest interval $(U_1 - U_2)$ este foarte important. Adesea, valoarea nominală a tensiunii U se găsește în mijlocul intervalului $(U_1 - U_2)$, însă aceasta nu este obligatoriu și, în multe rețele, valorile U_1 și U_2 nu sînt simetrice în raport cu U. Din punctul de vedere al furnizorului de energie electrică, este mai puțin important faptul că rețeaua de joasă tensiune are sau nu aceeași tensiune nominală oficială; în schimb, limitele U_1 și U_2 pe care trebuie să le respecte sînt esențiale. Pentru constructorii de aparate de utilizare au importanță noțiunile de tensiune nominală și de plajă nominală de tensiune, deoarece acestea sînt utilizate ca referință pentru a defini caracteristicile și performanțele aparatelor și adesea pentru efectuarea încercărilor.

Urmînd concluziile grupului de experți, Comitetul de Studii de Distribuție al UNIPEDE a recomandat considerarea plajei de 207—253 V ca plajă comună de tensiune. Ținînd seama de condițiile existente, aceasta revine la adoptarea tensiunii de 230 V ca valoare de referință, respectiv 230 V, $\pm 10\,\%$.

În noua publicație CEI 38/1983 a apărut o singură valoare a tensiunii de 230 V, în locul celor trei valori de 220 V, 230 V și 240 V care au figurat în ediția precedentă din 1975, completată cu modificarea nr. 1 din august 1977.

Avînd în vedere faptul că, în general, constructorii de aparate nu au dificultăți majore în modificarea fabricației de aparate bazată pe noua valoare unică a tensiunii, în documentul 8 (BC) 1133 al CEI, din martie 1981, cît și în publicația CEI 38/1983 tensiunile nominale recomandate pentru rețelele electrice de joasă tensiune sînt:

230/400 V
227/480 V
400/690 V
1000 V

cu următoarele mențiuni:

— în condiții normale de distribuție este recomandabil ca tensiunea la punctul de livrare să nu difere față de tensiunea nominală cu mai mult de $\pm 10\,\%$;

— tensiunile normalizate mai mari de 230/400 V sînt destinate exclusiv aplicațiilor din industrie și marilor imobile de utilizări comerciale.

Tensiunea nominală de 220/380 V și de 240/415 V a rețelelor existente va trebui să evolueze spre valoarea recomandată de 230/400 V. Perioada de tranziție trebuie să fie cît mai scurtă posibil, fără să depășească 20 de ani de la apariția publicației CEI 38 (anul 1983). În cursul acestei perioade, ca primă etapă, distribuitorii de energie electrică cu rețele de 220/380 V vor trebui să mențină tensiunea în plaja 230/400 V, $+6\,\%$, $-10\,\%$, iar cei cu tensiunea de 240/415 V, în plaja 230/400 V, $+10\,\%$, $-6\,\%$. La sfîrșitul acestei perioade de tranziție toleranțele vor fi de 230/400 V, $\pm 10\,\%$, plajă care se va restrînge în viitor.

Toate aceste considerații se aplică, de asemenea, și la nivelul corespunzător valorii actuale de 380/660 V, față de valoarea recomandată de 400/690 V.

Tensiunea de 277/480 nu se va utiliza împreună cu valorile 230/400 V sau 400/690 V.

Așa cum s-a arătat, gama de tensiuni cuprinde și nivelul de 1000 V. Problema stabilirii definitive a acestui nivel de tensiune va trebui lămurită în viitor pentru următoarele considerații:

— în GOST 23366-78 „Seria de tensiuni nominale de curent continuu și alternativ", se prevăd aceleași valori pentru gama de tensiuni joase ca în publicația 38/1983 a CEI, cu diferența că în loc de 1000 V se prevede valoarea de 1200 V [5];

— se consideră că este mai corect să se folosească valoarea de 1200 V în loc de 1000 V, cît prevede norma CEI, deoarece corespunde saltului de tensiune de $690 \cdot \sqrt{3} \approx 1200$ V.

România a aderat la publicaţia CEI 38/1983, urmînd să se ia măsurile necesare pentru adaptarea situaţiei la noile recomandări.

2. Probleme legate de perioada de tranziţie

Fiind luată decizia de a se adopta valoarea de 230 V ca tensiune nominală în reţelele electrice de joasă tensiune de la noi din ţară, tensiunea nominală actuală de 220 V va trebui ridicată cu 10 V.

Operaţia de trecere va face necesară o perioadă de timp în care trebuie să se ia măsurile pentru a contracara eventualele efecte negative, atît asupra materialelor şi aparatajului utilizat, cît şi asupra instalaţiilor din reţelele electrice. Aceste efecte depind de procedura aleasă pentru atingerea noului nivel de tensiune (într-o singură treaptă de tensiune sau printr-o succesiune de paliere). Problema constă, pentru distribuitorul de energie electrică, în a asigura consumatorilor o tensiune minimă de 207 V, faţă de minima actuală de 198 V, şi o tensiune care să nu depăşească 253 V, faţă de 242 V cît era maxima admisă în prezent. Creşterea medie de tensiune obţinută este de ordinul 4,5 % şi chiar mai mică, pentru un anumit număr de reţele electrice existente.

Sînt posibile mai multe soluţii, dar este recomandabil să se adopte acelea care creează cele mai mici perturbări şi realizează modificarea tensiunii cu minimum de cheltuieli materiale.

2.1. Acţiuni asupra reţelei de medie tensiune

Transformatoarele MT/JT sînt alimentate de o reţea de medie tensiune, care este, la rîndul ei, alimentată de o reţea la o tensiune mai înaltă. Tensiunea la una din aceste reţele se poate regla cu ajutorul regulatoarelor de tensiune în sarcină montate pe transformatoare. Dacă aceasta va putea fi ridicată cu 4,5 %, tensiunea joasă livrată va putea fi ridicată, la rîndul ei, cu 4,5 %.

Inconvenientul principal al acestei metode este că se furnizează consumatorilor de MT o tensiune mărită cu 4,5 %. Or, aceştia pot avea aparate alimentate direct în MT (mari motoare de exemplu), iar transformatoarele lor de MT/JT nu posedă, în general, prize reglabile necesare pentru a se adapta la noile valori ale tensiunii medii. Un alt inconvenient ar fi consecinţa alimentării transformatoarelor de MT/JT la o tensiune superioară tensiunii nominale, ceea ce antrenează o mărire a pierderilor în fier în transformatoare. Aceste pierderi în fier nu sînt, în general, complet compensate prin diminuarea corespunzătoare a pierderilor în cupru.

Avantajele acestei proceduri rezidă în simplitatea şi supleţea sa, fiind posibilă realizarea noii tensiuni în etape succesive.

2.2. Acţiuni asupra transformatoarelor MT/JT

O decizie de a se ridica tensiunea nominală cu 10 V implică, evident şi modificarea transformatoarelor de MT/JT, în sensul ca ele să funcţioneze la o tensiune nominală în sarcină de 230 V. Nu se întrevede nici o dificultate în această modificare şi de altfel nici un motiv ca aceste noi tipuri de transformatoare să coste mai mult decît tipurile de 220 V. De altfel, transformatoarele care se fabrică la noi în ţară sînt construite pentru o tensiune nominală de 400 V (fabricile constructoare vor trebui să analizeze dacă este necesar să se aducă vreo modificare actualelor tipuri de transformatoare pentru a se încadra în clasa 230/400 V, + 6 %, −10 %).

2.3. Acţiuni mixte

Există posibilitatea de a combina cele două categorii de acţiuni. Se va ridica tensiunea în reţeaua de medie tensiune cu 2 % care, se pare, că nu va jena, realmente, consumatorii alimentaţi direct în MT. Aceştia pot funcţiona cu transformatoarele şi cu motoarele lor alimentate în MT, fără ca mărirea tensiunii cu 2 % să le producă neplăceri. Acţionînd asupra prizelor de reglaj în gol al transformatoarelor de MT/JT se vor cîştiga celelalte 2,5 % încă necesare pentru obţinerea unei măriri a tensiunii cu 4,5 % în reţelele de joasă tensiune. Se va putea, fără complicaţii prea mari pentru furnizorul de energie electrică, să se procedeze la o mărire a tensiunii cu 2 % în reţeaua de medie tensiune prin etape succesive pentru ca mărirea de tensiune să fie puţin perceptibilă pentru consumatori şi să se obţină încă o mărire a tensiunii cu 2,5 % cu ajutorul prizelor de reglaj ale transformatoarelor de MT/JT. Aceste acţiuni mixte prezintă avantajele celor două procedee precedente şi deci apare ca cea mai promiţătoare.

În concluzie, furnizorul de energie electrică nu va avea să suporte, în linii generale, nici o cheltuială pentru înlocuirea sau adaptarea aparatajului de utilizare existent la noua tensiune de 230 V. Materialul reţelelor electrice poate suporta fără dificultăţi notabile noul regim de tensiune, principala consecinţă pentru distribuitorii de energie electrică fiind că transformatoarele MT/JT vor fi mai bine utilizate, ţinînd seama de noile condiţii de tensiune.

3. Efectele ridicării tensiunii nominale cu 10V asupra aparatelor de utilizare aflate în funcţiune

3.1. Caracteristicile statice

Valorile abaterilor admisibile ale tensiunii de alimentare sînt, în general, determinate de

asigurarea funcționării corecte a receptoarelor electrice.

În România aceste abateri admisibile sînt normate de STAS 930/75 „Rețele electrice. Tensiuni nominale și abateri admisibile" și au valorile de ±5 % din valoarea tensiunii nominale, putînd ajunge în anumite cazuri la ±10 %.

Caracteristicile statice de sarcină ale unui consumator reprezintă dependența puterilor activă și reactivă de tensiunea de alimentare, fiind de forma :

$$P = f_1(U); \quad Q = f_2(U). \tag{1}$$

Pentru caracteristicile statice de sarcină, se utilizează următorii indicatori sintetici :

$$K_P = \frac{\mathrm{d}P}{P} \Big/ \frac{\mathrm{d}U}{U}; \quad K_Q = \frac{\mathrm{d}Q}{Q} \Big/ \frac{\mathrm{d}U}{U}. \tag{2}$$

Deoarece studierea comportării receptoarelor se face pentru un domeniu restrîns de variație a tensiunii în jurul valorii nominale a acesteia, se poate considera că acești indicatori au o valoare constantă pentru o caracteristică anumită.

În această ipoteză, indicatorii de mai sus vor reprezenta fizic variațiile puterii active sau reactive raportate la variația tensiunii, toate valorile fiind măsurate în unități relative.

Indicatorii K_P și K_Q pot fi deci exprimați ca :

$$K_P = \frac{\mathrm{d}P}{P_n} \Big/ \frac{\mathrm{d}U}{U_n}; \quad K_Q = \frac{\mathrm{d}Q}{Q_n} \Big/ \frac{\mathrm{d}U}{U_n}. \tag{3}$$

Analitic, caracteristicile de sarcină pot fi puse sub o formă generală, astfel :

$$Y = A + BU^z, \tag{4}$$

în care :

Y reprezintă puterea activă sau reactivă ;
U — tensiunea de alimentare ;
A, B și z — constante, caracteristice tipului de sarcină.

Generalizarea relațiilor (3) ne conduce la formula :

$$K = z\left(1 - \frac{A}{Y_n}\right), \tag{5}$$

$$K \in \{K_P; K_Q\}; \quad Y_n \in \{P_n; Q_n\}.$$

3.2. Lămpi de iluminat cu incandescență

Caracteristicile lămpilor cu incandescență obținute prin metodele de corelație, în funcție de tensiunea aplicată, pentru limitele de variație în jurul tensiunii nominale de ±15 %, au următoarele expresii :

— Intensitatea curentului :

$$\frac{I_x}{I_n} = \left(\frac{U_x}{U_n}\right)^{0,5}, \tag{6}$$

în care prin indicele „n" s-a notat valoarea nominală, iar prin „x" s-a notat valoarea oarecare aplicată.

— Puterea :

$$\frac{P_x}{P_n} = \frac{U_x I_x}{U_n I_n} = \left(\frac{U_x}{U_n}\right)^{1,5}. \tag{7}$$

— Fluxul :

$$\frac{\Phi_x}{\Phi_n} = \left(\frac{U_x}{U_n}\right)^{3,6} \tag{8}$$

— Eficacitatea luminoasă :

$$\frac{\Phi_x/P_x}{\Phi_n/P_n} = \frac{\rho_x}{\rho_n} = \left(\frac{U_x}{U_n}\right)^{2,1}. \tag{9}$$

— Durata de viață :

$$\left.\begin{aligned} &\frac{D_x}{D_n} \approx \left(\frac{U_n}{U_x}\right)^{13} \text{ pentru lămpile cu vid} \\ &\frac{D_x}{D_n} \approx \left(\frac{U_n}{U_x}\right)^{14} \text{ pentru lămpile cu gaz} \end{aligned}\right\} \tag{10}$$

Lămpile de iluminat aflate în funcțiune în momentul schimbării tensiunii vor avea o durată de viață mai redusă decît durata normală. Pentru un lot de 100 lămpi, de exemplu, care au o durată medie de viață normală de circa 1000 ore, la o mărire bruscă a tensiunii cu 10 volți se produce o defectare a circa 15 lămpi, în timpul regimului tranzitoriu. Or, cele 100 lămpi din acest lot trebuie schimbate în intervalul celor 1000 ore de funcționare (care pot fi eșalonate între două luni și un an). Acest efect va fi mai atenuat în cazul cînd mărirea tensiunii se face în trepte. Incidența acestui consum suplimentar de lămpi este deci destul de redusă, în cazul în care lămpile au fost mult utilizate.

Rezultă că la creșterea tensiunii nominale cu 10 V, caracteristicile lămpilor de iluminat cu incandescență variază în limitele indicate în tabelul 1, astfel :

— puterea crește cu circa 7 % ;
— fluxul luminos cu circa 17,3 % ;
— eficacitatea luminoasă crește cu 10 % ;
— durata de funcționare scade, în schimb, cu circa 44—47 %.

3.3. Lămpi de iluminat fluorescent

Tubul fluorescent cel mai răspîndit este acela de 1,20 m de 40 W, lansat în anul 1950 și studiat pentru o funcționare corectă la o tensiune de 220 V.

Tabelul 1

Variația caracteristicilor lămpilor de iluminat cu incandescență la creșterea tensiunii nominale cu 10 V

Mărimea caracteristică	Tensiunea $\frac{U_x}{U_n}$	Intensitatea curentului $\frac{I_x}{I_n}$	Puterea $\frac{P_x}{P_n}$	Fluxul $\frac{\Phi_x}{\Phi_n}$	Eficacitatea luminoasă $\frac{\rho_x}{\rho_n}$	Durata de viață $\frac{D_x}{D_n}$
Valoarea	1,045	1,022	1,069	1,173	1,1	0,561 (vid) 0,537 (gaz)

Alegerea diametrului, lungimea sa, gazul de umplere și intensitatea luminoasă nu sînt, în momentul de față, la optimul economic. Ameliorările aduse acestor tuburi, în decursul timpului, au redus valoarea tensiunii la bornele lor în jur de 103 V, valoare care după opinia unor constructori nu este cea optimă (115 V) [4]. O ridicare a tensiunii nominale de la 220 V la 230 V va justifica o redefinire a caracteristicilor optime ale tubului fluorescent nu numai pentru noua valoare a tensiunii de 230 V, ci și pentru situația actuală. Intensitatea nominală a curentului este de 0,43 A ; variația sa în funcție de tensiune nu este liniară. Trecerea de la 220 V la 230 V face să crească intensitatea curentului, deci tensiunea la borne va descrește. Se estimează că o variație de tensiune de 5 % antrenează o variație de 10 % a intensității curentului. Prin urmare, iluminarea tubului se va diminua, căci presiunea internă care se stabilește nu este optimă.

Este greu de apreciat influența variației tensiunii asupra duratei de viață a tuburilor fluorescente. Durata de viață a tuburilor fluorescente este foarte mare (de ordinul a 5000 ore), însă utilizatorul trebuie să procedeze, în general, la schimbarea lor înainte de a se distruge, deoarece randamentul lor luminos devine foarte slab după cîteva mii de ore de funcționare. Cheltuiala suplimentară la tuburile fluorescente, datorită unei creșteri a tensiunii aplicate, poate fi deci considerată ca neglijabilă.

Pentru balastul asociat tuburilor fluorescente, dacă temperatura este inferioară lui 120°C, durata de viață este de ordinul a 10 ani ; dacă temperatura depășește 130°C durata de viață se reduce la jumătate. Deoarece temperatura ambiantă poate varia mult în funcționarea tubului, ca și condițiile de ventilație a lui, este dificil să se prevadă cu exactitate variația duratei de viață și deci cheltuielile suplimentare asociate schimbării tensiunii. Se poate aprecia că aceste cheltuieli sînt neglijabile.

3.4. Alte aparate de utilizare

Folosind legea statistică de distribuție a tensiunii, un calcul sumar arată că circa 15 % din aparate sînt alimentate la o tensiune inferioară lui 210 V. În consecință, o mărire a tensiunii cu 10 V nu va avea alt efect decît readucerea la valoarea nominală.

Pe de altă parte, aceste aparate sînt concepute pentru o funcționare în mod normal pînă la 242 V. După mărirea tensiunii, aceste aparate se vor găsi în plaja 242—253 V, situație care poate produce neplăceri. Se estimează că circa 10 % din numărul total de aparate aflate în funcțiune se află în această situație. Se menționează că aceste aparate nu sînt toate noi în momentul schimbării tensiunii și dacă se presupune că ele se găsesc în medie la jumătatea duratei lor de viață, valoarea lor ar reprezenta circa 5 % din valoarea aparatelor noi.

Presupunînd deci că mărirea tensiunii cu 10 V se va realiza într-o singură etapă, valoarea aparatelor deteriorate va reprezenta maximum 5 % din valoarea totală a aparatelor în funcțiune [4]. Acesta fiind un caz extrem se poate deci admite că pierderile suplimentare reale, rezultate prin mărirea cu 10 V a tensiunii de alimentare, vor fi de ordinul cîtorva procente din valoarea parcului de aparate aflat în funcțiune.

4. Funcționarea motoarelor electrice la variația tensiunii de alimentare

Trebuie analizată atît comportarea motoarelor electrice aflate în exploatare și construite pentru tensiunea nominală de 220 V (sau 380 V pentru cele trifazate), care vor trebui să funcționeze, într-o primă etapă, la o tensiune mărită, cît și a celor care se vor construi pentru noua tensiune de 230 V (400 V) și care, pentru un timp, vor trebui să funcționeze la o tensiune scăzută.

La aceste motoare electrice se va analiza modul în care sînt influențate caracteristicile lor de funcționare, atît la mărirea tensiunii de alimentare, cît și la scăderea ei, față de valoarea nominală pentru care ele au fost construite.

În cele ce urmează se va nota tensiunea de alimentare aplicată motorului cu :

$$U = \alpha U_n, \tag{11}$$

α fiind mai mic sau mai mare ca unitatea.

4.1. Funcționarea motoarelor sincrone la variația tensiunii de alimentare

Se presupune că motorului sincron i se aplică tensiunea de alimentare U și că sarcina (cuplul rezistent) rămîne aceeași ca și la regimul cu tensiune nominală.

Deoarece viteza de rotație rămîne constantă, puterea mecanică este :

$$P_m = M\,\Omega, \tag{12}$$

în care : M este cuplul la arborele mașinii, în Nm ;

$\Omega = \frac{2\pi n}{60}$ — viteza unghiulară, în rad/s ;

n — viteza de rotație a mașinii, în rot/min.

Randamentul motorului (η) rămîne practic același la variații reduse ale tensiunii de alimentare în jurul valorii nominale. Rezultă că puterea activă absorbită se va menține constantă.

În ceea ce privește puterea reactivă, expresia acesteia pentru motorul sincron cu poli înecați supraexcitat, este :

$$Q = \frac{3E_0 \cdot U_n}{X_s}\sqrt{\alpha^2 - \sin^2\theta_n} - \frac{3U_n^2}{X_s}\alpha^2, \tag{13}$$

în care θ_n este unghiul intern corespunzător parametrilor nominali ai mașinii.

Din relația (13) rezultă că odată cu scăderea tensiunii (la excitație constantă) puterea reactivă crește. Această concluzie este calitativ valabilă și pentru motorul sincron cu poli aparenți. În practică însă, în funcție de modul în care se modifică excitația mașinii, puterea reactivă poate rămîne constantă sau chiar să scadă.

În afară de modificarea puterilor, la motorul sincron mai apar următoarele efecte odată cu scăderea tensiunii :

— *Creșterea unghiului intern.* Dependența unghiului intern de tensiunea de alimentare este dată de relația :

$$\sin\theta = \frac{1}{\alpha}\sin\theta_n. \tag{14}$$

În cazurile normale întîlnite în practică, la reducerea de tensiune de ordinul a 10 % nu există pericolul pierderii stabilității statice.

— *Scăderea capacității de supraîncărcare.* Capacitatea de supraîncărcare a mașinii sincrone are expresia :

$$k_M = \frac{M_M}{M_n} = \frac{3E_0 \cdot \alpha \cdot U_n}{\Omega \cdot X_s} \cdot \frac{\Omega \cdot X_s}{3E_0 \cdot U_n \sin\theta_n}, \tag{15}$$

în care : M_M este cuplul maxim sau puterea electromagnetică maximă ;

M_n — cuplul nominal sau puterea electromagnetică nominală.

La excitație constantă :

$$k_M = \frac{\alpha}{\sin\theta_n}. \tag{16}$$

Capacitatea de supraîncărcare a mașinii sincrone este cu atît mai mare cu cît $\sin\theta_n$ este mai mic, adică cu cît θ_n este mai mic.

Capacitatea de supraîncărcare a unei mașini sincrone scade, deci, proporțional cu scăderea tensiunii.

— *Creșterea curentului absorbit.* Acest efect conduce la mărirea pierderilor în rețeaua de alimentare și la reducerea duratei de viață a mașinii.

Calculînd duratele de serviciu pentru regimul de funcționare cu tensiune scăzută cu 10 % și cu tensiune nominală, rezultă că durata de viață a mașinii sincrone se scurtează cu aproximativ 7 %.

— *Creșterea artificială a sensibilității motorului la creșterea tensiunii.* Se presupune că motorul alimentat la o tensiune U_1 suportă goluri de tensiune, de amplitudine :

$$\alpha_1 = \frac{U_1 - U_{limită}}{U_n}. \tag{17}$$

Dacă alimentarea se va face la o tensiune $U_2 < U_1$, atunci motorul va suporta goluri de tensiune de amplitudine :

$$\alpha_2 = \frac{U_2 - U_{limită}}{U_n}, \tag{18}$$

fiind evidentă relația : $\alpha_2 < \alpha_1$, ceea ce va produce deconectări în plus față de situația cînd alimentarea se face la o tensiune ridicată.

La motoarele sincrone standardele prevăd abateri admisibile ale tensiunii de alimentare de ± 5 %, față de tensiunea nominală.

4.2. Funcționarea motoarelor asincrone la variația tensiunii de alimentare

Se presupune că tensiunea de alimentare U_1 a unui motor asincron variază față de tensiunea nominală U_n, devenind $U_1 = \alpha U_{1n}$, cu $\alpha \gtrless 1$.

În acest caz, cuplul de pornire și cel nominal al motorului vor varia proporțional cu α^2.

Dacă se neglijează căderea de tensiune din înfășurarea statorică, atunci :

$$U_1 \approx E_1 = K \cdot \Phi. \tag{19}$$

În consecință, în cazul variației tensiunii la valoarea αU_{1n}, va varia în același sens și proporțional cu α, t.e.m. E_1 și fluxul Φ și aproximativ tot așa și I_0.

Cum însă cuplul $M = k_M \cdot I_2 \cdot \Phi \cdot \cos \varphi_2$ trebuie să rămînă constant, alunecarea motorului (s) va crește în așa fel încît curentul I_2 să varieze în raport invers cu fluxul Φ, adică în raport invers cu

$$\alpha = \frac{U_1}{U_{1n}}.$$

Alunecarea (s) a mașinii este dată de relația :

$$s = \frac{p_{j2}}{P} = \frac{m_1 \cdot I_2'^2 \cdot R_2'}{M \cdot \Omega_1}, \qquad (20)$$

în care : p_{j2} sînt pierderile electrice în înfășurarea rotorică ;

m_1 — numărul înfășurărilor statorice ;

I_2' — curentul rotoric, raportat la înfășurarea statorică ;

R_2' — rezistența de dispersie rotorică, raportată la stator.

Dar alunecarea variază proporțional cu $I_2'^2$ și cum I_2' variază în raport invers cu α, s va varia în raport invers cu α^2.

Viteza de rotație a motorului care era n_1 la tensiunea U_1, la tensiunea αU_{1n} va fi :

$$n_1\left(1 - \frac{s}{\alpha^2}\right), \qquad (21)$$

deci viteza motorului variază în același sens cu tensiunea la borne, dar această variație la funcționarea normală este mică, fiindcă s este mic.

Factorul de putere are tendința de creștere accentuată cînd U_1 scade, mai ales la sarcini mici, dacă ținem seama că reducerea lui U_1 aduce reducerea, în aceeași proporție, a lui I_0.

Puterea utilă a motorului este dată de relația :

$$P_2 = M_2 \cdot \Omega = M_2 \cdot \frac{2\pi n}{60} \qquad (22)$$

și urmează variațiile vitezei.

În ceea ce privește cuplul maxim M_M se deduce că el variază proporțional cu U_1^2, deci proporțional cu α^2.

Coeficientul de suprasarcină (β) al motorului asincron este :

$$\beta = \frac{M_M}{M_n}, \qquad (23)$$

în care M_n este cuplul nominal al mașinii.

Fiindcă M_n se poate considera constant, iar M_M variază cu α^2, rezultă că și coeficientul de suprasarcină β va varia cu α^2.

Cuplul M dezvoltat de motor crește foarte repede cînd U_1 crește, variind aproape cu puterea a 4-a a variației tensiunii.

În ceea ce privește curentul statoric, el este suma a doi curenți :

$$I_1 = I_0 + I'_2, \qquad (24)$$

din care primul I_0 scade cu tensiunea, iar al doilea I_2 crește cînd tensiunea scade. La valori mici ale tensiunii domină influența curentului I_0, iar I_1 începe să scadă ; la valori mai ridicate al tensiunii, I_1 începe să crească, după ce a trecut printr-un minim. Alura curbelor depinde de valoarea curentului de mers în gol relativ nominal :

$$\gamma = \frac{I_{0n}}{I_{1n}}.$$

Se observă, în special, o creștere a lui I_0 cu fluxul, și deci cu tensiunea ; creșterea poate deveni foarte rapidă cînd fierul se saturează. Ca urmare, variația curentului I_1 depinde în limite mari de valoarea relativă γ a curentului de mers în gol ; la saturații mici I_1 scade cu α, iar la saturații mari crește din ce în ce mai repede.

În figura 1 este reprezentată variația curbelor curentului I_1, în unități relative, în funcție de α, avînd ca parametru γ.

Randamentul variază după cum urmează :

— pierderile mecanice rămîn practic aceleași ;

— pierderile în fier cresc proporțional cu U^2, deci cu α^2 ;

— pierderile în înfășurarea rotorului cresc proporțional cu I_2^2, deci variază invers proporțional cu α^2 ;

— pierderile în înfășurarea statorului depind de relația dintre I_0 și I_2, dintre care primul se reduce, iar al doilea crește.

Rezultă că randamentul poate varia în același sens sau în sens contrar cu U_1, dar variația nu este prea mare și în orice caz el scade cînd U_1 crește peste valoarea U_{1n}.

Curentul de scurtcircuit statoric, I_{1k}, variază proporțional cu tensiunea U_1, deci cu α.

Curentul de mers în gol I_0 variază în același sens cu U_1, dar mai repede decît U_1.

În general, ridicarea experimentală arată abateri față de curbele deduse teoretic ; aceste abateri sînt cauzate mai ales de saturația fierului și de faptul că pentru scăderea tensiunii sub cea nominală, variația curentului rotoric (I_2) și a alunecării (s) depind de gradul de supraîncărcare (β).

În figura 1 se dau curbele de variație ale curentului statoric I_1 în funcție de tensiunea de alimentare U_1 (pentru cinci valori ale curentului de mers în gol relativ $-\gamma$), în figura 2, curbe-

le de variație ale alunecării s, în funcție de tensiunea U_1 (pentru trei valori ale coeficientului de suprasarcină — β), iar în figura 3, ale curentului rotoric I_2 în funcție de tensiunea de alimentare U_1 (pentru trei valori ale coeficientului — γ) [6]. Toate mărimile sînt date în unități relative.

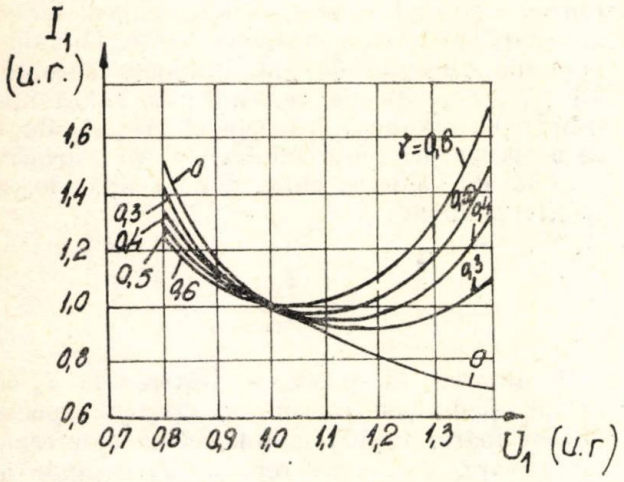


Fig. 1. Variația curentului statoric I_1 la motoarele asincrone, în funcție de tensiunea de alimentare U_1.

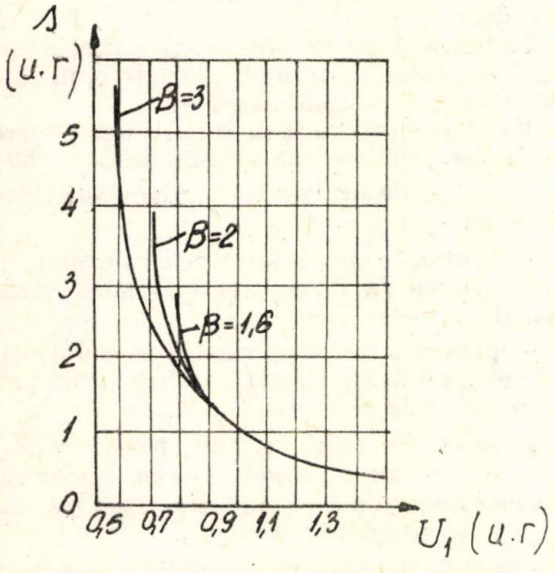


Fig. 2. Variația alunecării s la motoarele asincrone, în funcție de tensiunea de alimentare U_1.

Ca un rezumat al celor prezentate, la scăderea tensiunii de alimentare cu 10 %, cuplul activ al motorului asincron scade cu 19 %, alunecarea crește cu 27,5 %, curentul rotoric crește cu 14 %, iar al statorului cu 10 %. Din cauza creșterii curentului se produce încălzirea mașinii, ceea ce are drept efect degradarea izolației de aproximativ două ori mai repede decît în cazul funcționării la o tensiune nominală.

La creșterea tensiunii cu 10 %, cuplul activ crește cu 21 %, alunecarea scade cu 20 %, curentul rotoric scade cu 18 %, iar al statorului cu 10 %, dar aceasta nu influențează negativ asupra uzurii mașinii.

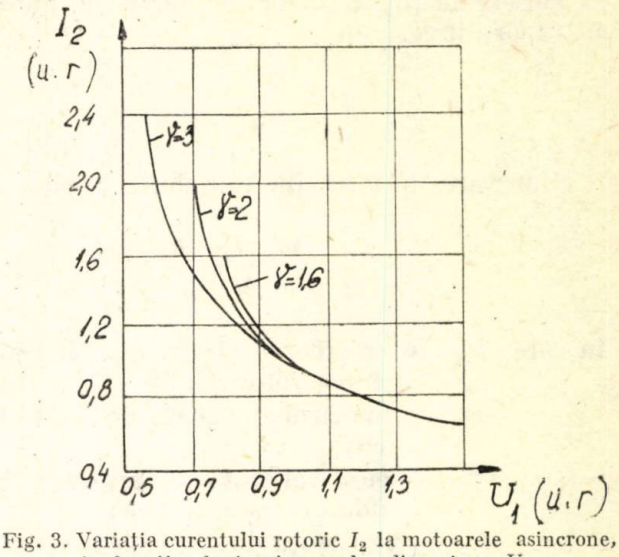


Fig. 3. Variația curentului rotoric I_2 la motoarele asincrone, în funcție de tensiunea de alimentare U_1.

5. Funcționarea receptoarelor electrocasnice la variația tensiunii de alimentare

La instalațiile de iluminat interior, pentru buna lor funcționare se admit abateri ale tensiunii de alimentare de +3 % și −2,5 %, iar la cele de iluminat exterior de +3 % și −4 %.

La lămpile cu incandescență, datorită dependenței rezistenței filamentului de temperatură, coeficientul K_P are valori în jur de 1,5, iar la lămpile cu fluorescență acest coeficient are valori în jur de 2.

La receptoarele electrocasnice rezistive (mașini de călcat, reșouri, frigidere cu absorbție etc.) coeficientul K_P are valori apropiate de 2. Aceleași valori le prezintă și aparatele de radio și televiziune. La ventilatoare K_P are valori în jur de 0,1.

Pentru motoarele serie de curent alternativ și motoarele asincrone, monofazate (aspiratoare, mașini de spălat, frigidere cu compresor etc.), valorile lui K_P variază între 1 și 2.

Efectele funcționării receptoarelor electrocasnice la tensiune redusă se manifestă, în special, asupra iluminatului electric (prin scăderea fluxului luminos), a aparatelor de radio, a televizoarelor (prin dereglări) și a motoarelor electrice (prin creșterea uzurii izolației).

Concluzii

Necesitatea unificării tensiunilor din rețelele electrice de distribuție și utilizare în plaja 207 — 253 V a fost justificată de CEI și UNIPEDE prin motive de facilizare a schimburilor comerciale internaționale în domeniul aparatajului electric de utilizare și se încadrează în tendința generală de standardizare mondială.

România a fost printre țările care a aderat de la începutul discuțiilor purtate în cadrul CEI pentru adoptarea pe plan mondial a unei singure valori a tensiunii de utilizare în rețeaua de joasă tensiune.

Prin publicația 38 din 1983 a CEI s-a hotărît adoptarea tensiunii de 230/400 V, ±10 %, ca valoare unică, pentru consumatorii casnici, iar 400/690 V și 1000 V ca tensiuni destinate aplicațiilor din industrie și marilor imobile de utilizări comerciale.

Țările care au aderat la publicația CEI și care au tensiuni nominale diferite de noua valoare standardizată urmează să se adapteze la noile valori în decurs de 20 de ani, respectiv, pînă în jurul anului 2000.

România, ca țară participantă la acțiunile CEI, trebuie să ia măsurile necesare pentru trecerea de la tensiunea actuală de 220/380 V, la noua tensiune de 230/400 V. Examinîndu-se situația din țara noastră rezultă că această trecere nu va aduce inconveniente importante consumatorilor industriali, social-culturali și casnici.

Sînt de așteptat unele dificultăți la iluminat, în special la lămpile cu incandescență, unde, datorită creșterii nivelului de tensiune aplicată, durata lor de viață se va micșora.

Ca urmare a acestei acțiuni, o primă măsură necesară este revizuirea STAS 930/1975 „Rețele electrice. Tensiuni nominale și abateri admisibile", care va trebui să fie aliniat la publicația CEI 38/1983.

Industria constructoare de mașini va trebui să studieze și să asimileze noile serii de aparate de utilizare la tensiunea nominală de 230/400 V.

În același timp, ținînd seama și de tendințele actuale pe plan mondial, este necesar să se întocmească studii și cercetări privind oportunitatea introducerii treptelor următoare de tensiune de 400/690 V sau 1000 V înscrise în publicația CEI 38/1983, în rețelele electrice de distribuție publică și la consumatorii industriali.

Bibliografie

[1] * * * *Tensions normales de la CEI.* Publicația CEI 38—1975 și Amendament nr. 1 din august 1977 al CEI.

[2] * * * *Tensions normales de la CEI.* Publicația CEI 38—1983.

[3] * * * *Comité d'etudes nr. 8. Tensions et courants normaux CEI.* 8 Bureau Central 1133. Martie 1981.

[4] * * * *La normalisation de la basse tension de distribution. UNIPEDE.* Comité d'études de la distribution. Congrès de Vienne, 23—28 mai 1976.

[5] GOST 23366—78. *Seria de tensiuni nominale de curent continuu și alternativ.*

[6] Gheorghiu, I.S., *Mașini electrice. Probleme și aplicații industriale,* Vol. 1 și 2. Ed. Tehnică, București, 1966.

(Primit la 16 aprilie 1985, acceptat la 18 iulie 1985)

Cu privire la economisirea energiei prin normarea densității economice de curent la liniile electrice de distribuție

Dr. ing. Pavel Buhuș, ing. Gheorghe Comănescu *

1. Preocupări actuale în țara noastră și în străinătate

În țara noastră, în ultimul deceniu au fost efectuate cercetări aprofundate cu privire la dimensionarea economică a secțiunii liniilor electrice de distribuție [1—7]. Aceste cercetări au avut ca efect atît contribuții la elaborarea și perfecționarea unor noi metodologii de calcul, cît și treptate îmbunătățiri valorice ale indicatorilor necesari pentru proiectarea liniilor electrice.

Totodată, au fost întocmite trei redactări succesive ale prescripției PE 135: redactarea Institutului de Studii și Proiectări Energetice din anul 1975, apoi — ca urmare a cercetărilor citate mai sus — redactările Institutului Politehnic București, care au intrat în vigoare în anul 1981 și, respectiv, la 1 martie 1985 [8].

În U.R.S.S. (după ce timp de circa trei decenii a fost menținută aceeași metodologie și aceleași valori ale densităților economice de curent) mai mulți specialiști, între care academicianul I. A. Budzco și doctorul în științe tehnice M. S. Levin, au considerat oportună efectuarea unor reduceri masive ale valorilor care în prezent sînt normate pentru densitățile economice de curent [9].

Specialiștii sovietici consideră că această măsură a devenit deosebit de actuală odată cu „adoptarea Programului energetic al U.R.S.S. care presupune promovarea unei politici active de economisire a energiei pe baza progresului științifico-tehnic".

2. Tendința actuală de creștere a secțiunilor economice

Pentru liniile electrice aeriene (LEA) cu conductoare de aluminiu din partea europeană a Uniunii Sovietice, în prezent sînt normate densități cuprinse între 1,3...1,0 A/mm². În [9] pentru durata de utilizare a sarcinii maxime cuprinsă între 1000...5000 ore/an, orientativ sînt puse în discuție densități economice cuprinse între 0,55...0,20 A/mm². Menționăm că *aceste valori sînt de circa 3...5 ori mai mici decît cele normate în prezent.*

Totodată, aceeași autori afirmă că LEA de 10 kV pentru electrificările rurale din U.R.S.S. sînt de pe acum proiectate cu densități de curent cuprinse în intervalul 0,7...0,5 A/mm².

În țara noastră recent [8] pentru LEA cu conductoare din aluminiu și durata de utilizare a puterii maxime cuprinsă între 1000 și 5000 ore/an se normează densități economice cuprinse în intervalul 0,8...0,4 A/mm² (tabelul 1).

Menționăm că, deoarece investițiile în conductoarele de aluminiu cresc, densitățile economice de curent sînt așa fel normate încît să se obțină un minim al cheltuielilor totale actualizate, total care cuprinde atît efortul de investiții, cît și cheltuielile actualizate datorate pierderilor de energie din anii de exploatare.

Față de propunerile orientative puse în discuție de specialiștii sovietici densitățile noastre sînt mai mari și deci — în aceleași condiții de proiectare — secțiunile noastre pot reprezenta fracțiuni de ordinul 0,7...0,5 din secțiunile care ar rezulta pe baza densităților puse în discuție de specialiștii sovietici.

3. Criteriile de optim folosite la stabilirea densităților de curent și a secțiunilor economice

Conform [10], densitățile noastre economice de curent sînt determinate pe baza criteriului *cheltuieli totale actualizate minime* și o *rată de actualizare de 8% pe an.*

Densitățile puse în discuție de către autorii sovietici sînt determinate pe baza criteriului „consum total de energie minim", care include atît energia înglobată inițial, pentru producerea conductoarelor din aluminiu (considerată de sovietici de ordinul a 40 kWh/kg conductor din aluminiu), cît și necesarul de energie care mai trebuie furnizat în tot lungul anilor de exploatare pentru satisfacerea consumurilor proprii tehnologice ale liniilor electrice.

În articolul lor, autorii sovietici precizează că „nu le este clar dacă aceleași consumuri de energie, efectuate însă în ani diferiți, pot fi considerate egale între ele ca valoare". Cu toate acestea, în determinarea densităților economice energetice pe care le pun în discuție, autorii sovietici *consideră rata de actualizare nulă.*

Utilizarea criteriului „consum total minim de energie" și rata de actualizare nulă — spre deosebire de criteriul nostru cheltuieli totale actualizate minime și rata de actualizare anuală de 8% — explică în mare măsură faptul că valorile orientative ale *densităților economice*

* Dr. ing. Pavel Buhuș — profesor, ing. Gheorghe Comănescu — șef lucrări — Institutul Politehnic București — Facultatea de Energetică

Tabelul 1

Valorile normate ale densităților economice de curent, j_{ec}, în A/mm²

Tipul liniei				T_{SM}, ore/an						
				1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000
LEA	Al	⩽110 kV	valori medii pentru estimări		0,65		0,45		0,35	
		j.t.	4 conductoare neizolate	0,78	0,63	0,52	0,44	0,38	0,33	0,29
			conductoare torsadate	0,65	0,52	0,43	0,36	0,31	0,27	0,24
			3 conductoare neizolate	0,67	0,53	0,45	0,38	0,32	0,28	0,25
		20 kV	conductoare OL—Al	0,76	0,61	0,51	0,43	0,37	0,32	0,29
		110 kV	conductoare OL—Al	0,79	0,67	0,57	0,50	0,43	0,38	0,34
	Cu	⩽110 kV	valori medii pentru estimări		2,00		1,40		1,00	
		j.t.	4 conductoare neizolate	2,57	2,02	1,64	1,37	1,17	1,02	0,90
			3 conductoare neizolate	2,23	1,75	1,42	1,18	1,01	0,88	0,78
		20 kV	conductoare neizolate	2,48	2,02	1,68	1,42	1,22	1,07	0,95
		110 kV	conductoare neizolate	2,57	2,13	1,78	1,52	1,31	1,15	1,03
LEC	Al	j.t.	valori medii pentru estimări		0,80		0,55		0,40	
			cu izolație sintetică	0,85	0,69	0,57	0,48	0,41	0,36	0,32
			cu izolație din hîrtie	0,97	0,79	0,65	0,55	0,47	0,41	0,37
		6 kV	valori medii pentru estimări		0,90		0,60		0,50	
			cu izolație sintetică	0,91	0,76	0,65	0,55	0,48	0,43	0,38
			cu izolație din hîrtie	1,05	0,89	0,75	0,64	0,56	0,49	0,44
		10 kV	valori medii pentru estimări		1,00		0,70		0,60	
			cu izolație sintetică	1,24	1,04	0,88	0,75	0,66	0,58	0,52
			cu izolație din hîrtie	1,14	0,96	0,81	0,69	0,60	0,53	0,48
		20 kV	valori medii pentru estimări		1,00		0,75		0,55	
			cu izolație sintetică	1,20	1,01	0,85	0,73	0,64	0,56	0,50
	Cu	j.t.	valori medii pentru estimări		1,90		1,25		0,95	
			cu izolație sintetică	2,31	1,81	1,47	1,25	1,05	0,91	0,81
			cu izolație din hîrtie	2,35	1,85	1,50	1,26	1,07	0,93	0,82
		6—10 kV	valori medii pentru estimări		2,00		1,40		1,00	
			cu izolație din hîrtie	2,42	1,98	1,64	1,39	1,20	1,05	0,93

energetice puse în discuție de specialiștii sovietici reprezintă abia *70...50 % din valorile densităților economice* normate recent în țara noastră prin PE 135/1985.

Specialiștii sovietici consideră că mărirea secțiunilor conductoare ale liniilor electrice poate fi considerată drept una dintre tehnologiile eficiente pentru economisirea energiei și propun ca producția de aluminiu pentru scopuri energetice să fie extinsă în U.R.S.S. pe cît posibil mai repede.

Alegerea secțiunilor conductoare trebuie totuși să se facă pe baza criteriului „minimul cheltuielilor totale actualizate" și doar în cazul unor variante echivalente să se mai facă apel și la criteriul minimului consumului total de energie.

Totodată, numeroși alți specialiști consideră necesară reactualizarea valorilor densităților economice de curent normate în U.R.S.S., precum și începerea cercetărilor în scopul întocmirii instrucțiunilor necesare pentru practica de proiectare cu noile densități de curent sensibil micșorate.

Concluzii

1. Opiniile publicate de academicianul Budzco și dr. ing. Levin și valorile orientative pe care acești autori le avansează cu privire la densitățile economice de curent pentru LEA cu conductoare din aluminiu reprezintă o confirmare

suplimentară a politicii tehnico-economice promovate prioritar de țara noastră în domeniul creșterii secțiunilor conductoare încă din timpul anilor '70.

2. În noile condiții — ale unor densități normate de ordinul zecimilor de A/mm² — apar probleme noi și în practica de proiectare (cum ar fi problema determinării numărului economic de conductoare fazice sau de circuite cu diverse moduri de echipare în stații). În concluziile lor specialiștii sovietici propun începerea neîntîrziată a cercetărilor în această direcție.

În țara noastră — ca urmare a colaborării dintre Centrala Industrială de Rețele Electrice și catedra Centrale și rețele electrice din Institutul Politehnic București — aceste probleme sînt studiate încă de la sfîrșitul deceniului trecut. În acest răstimp a fost elaborată o metodologie cu caracter original, în care, de exemplu, densitatea economică normată a căpătat, în mare măsură, caracterul unui simplu indicator de calcul pentru proiectare (de exemplu, în numeroase cazuri practice, la sarcinile maxime de durată valorile densităților de curent cu care este efectiv economic să se funcționeze în exploatare pot fi de 2—3 ori mai mari decît densitățile economice normate ca indicatori de proiectare.

3. Cu toate că prescripția energetică PE 135 este în vigoare de peste 10 ani, se pare că mai există unele întreprinderi care ezită să aplice consecvent acest act normativ. În această privință ne exprimăm convingerea că aplicarea corectă și consecventă a prevederilor normativului PE 135, în vigoare de la 1 martie 1985, poate aduce economii anuale cel puțin de ordinul cîtorva zecimi de procent din energia electrică produsă anual în țara noastră, ceea ce în cincinalul pentru care ne pregătim ar reprezenta economii de ordinul mai multor sute de milioane kWh.

Bibliografie

[1] Buhuș, P. *Alegerea secțiunilor pentru liniile la care devine economică folosirea mai multor conductoare pe fază.* In : Energetica, 25, nr. 6, iun. 1977, p. 197—200.

[2] Buhuș, P. *Locul și rolul actualizărilor în optimizarea eficienței acțiunilor tehnico-economice.* In : Revista economică, nr. 39, 29 septembrie 1978, p. 12—13.

[3] Buhuș, P. *Soluții pentru optimizarea nivelului de pierderi în distribuția energiei electrice și eficiența lor economică.* In : Energetica, 27, nr. 1—2, februarie 1979, p. 52—55.

[4] Buhuș, P. *Metodă cu caracter general de determinare a secțiunilor economice pentru liniile electrice trifazate.* In : Energetica, 27, nr. 11, noiembrie 1979, p. 534—538.

[5] Buhuș, P. și Comănescu, Gh. *Cercetări privind determinarea secțiunilor economice ale conductoarelor pentru distribuția energiei prin circuite trifazate de 1—110 kV și elaborarea prescripției energetice PE 135/1981.* Institutul Politehnic București, 1979—1980, 485 p.

[6] Buhuș, P. și Comănescu, Gh. *Stabilirea secțiunilor economice pentru liniile electrice de distribuție în ipoteza unor creșteri în timp ale sarcinii și ale costului specific al consumurilor tehnologice de energie.* In : Energetica, 28, nr. 7, iulie 1980, p. 277—288.

[7] Buhuș, P. și Comănescu Gh. *Studiu privind analiza și propunerile de modificare sau completare a normativelor PE 135/1981 și PE 145/1979 în vederea reducerii costurilor de investiții.* Institutul Politehnic București, 1983—1984, 115 p.

[8] M.E.E. PE 135/85. *Instrucțiuni privind determinarea secțiunii economice a conductoarelor în instalațiile electrice de distribuție de 1—110 kV.*

[9] Budzko, I. A. și Levin, M. S. *Energeticeski telesobraznaia plotnosti toka v provodah elektriceskih linii.* In : Elektricestvo, nr. 2, 1985, p. 19—22.

[10] MEE.PE 011/82. *Normativ privind calculele comparative tehnico-economice la instalațiile de producere, transport și distribuție a energiei electrice și termice.* ICEMENERG, 1982.

(Primit la 6 mai 1985, acceptat la 2 iulie 1985)

Scurta istorie a rețelelor electrice din România

Ing. Radu Zane *

De la primul iluminat electric introdus pe teritoriul României și în același timp primul din Europa, cel inaugurat la Timișoara, la 12 noiembrie 1884 **, care era extins pe 60 km de stradă, cu 731 corpuri de iluminat, și care era alimentat dintr-o centrală cu cazane cu aburi și dinamuri Brush și o rețea de distribuție bifazică de 2100/105 V, 42 Hz s-a ajuns, la sfîrșitul anului 1984, în România la 281 378 km rețea de transport și distribuție, vehiculîndu-se prin aceasta, în anul 1984, 66 212 156 MWh, adică 92,6% din totalul producției R.S.R. (care include și consumul pentru uzul propriu al autoproducătorilor de energie electrică, precum și consumul propriu tehnologic al centralelor).

Mișcarea energiei electrice în rețele în anul 1984 este prezentată în graficul din figura 1.

S-au împlinit 100 ani de energetică românească. Evoluția rețelelor în acest interval a trecut prin etape succesive.

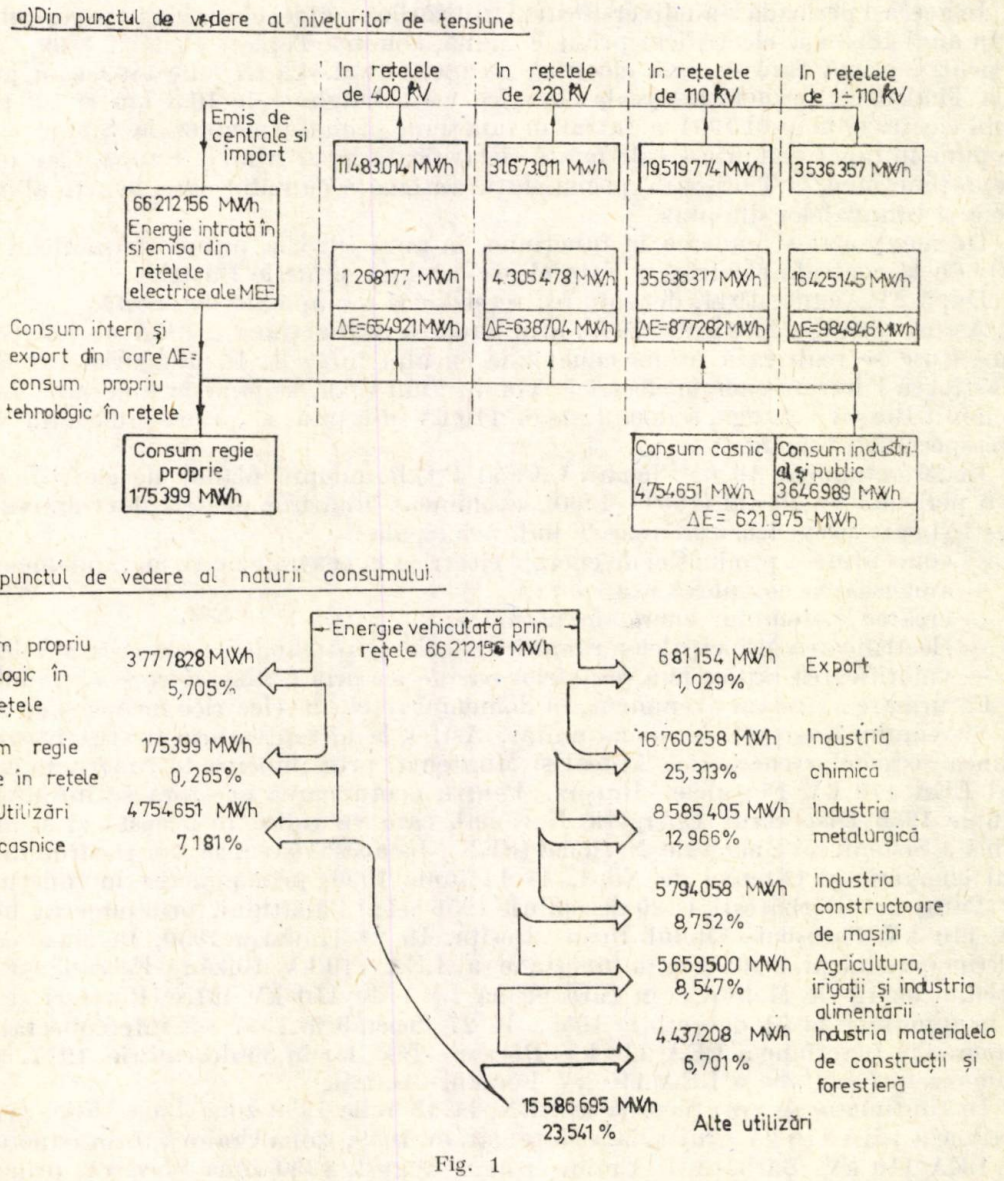


Fig. 1

* Ing. Radu Zane—CIRE

** Prima rețea de iluminat electric din țară, de mici dimensiuni, fusese pusă în funcțiune la București în luna septembrie 1882.

Astfel, la 18 decembrie 1894 s-a pus în funcțiune prima LEA de medie tensiune de pe teritoriul României, de 4,5 kV, cu o lungime de 18 km între CHE Sadu și Sibiu. La sfîrșitul anului 1898 s-a realizat prima producție electrică trifazată și la 50 Hz, la CHE Sinaia I, iar în anul 1899 s-a realizat prima funcționare interconectată, între CHE Sinaia I și CTE Doftana, tensiunea liniei de interconexiune fiind de 8 kV. La 15 iulie 1906 a intrat în funcțiune prima linie (și primele stații) de 15 kV, între CHE Someșul Rece și Cluj, iar în 1910 prima linie (și primele stații) de 25 kV Cîmpina—Băicoi—Țintea, în Cîmpina construindu-se cu această ocazie, prima stație de transformare și conexiuni în sistem modern, multicelular. În septembrie 1916 se pune în funcțiune prima linie (și primele stații) de 55 kV, între CET Anina și Uzinele Reșița, iar în 1924 prima linie (și primele stații) de 60 kV între Florești—Pitești și Grozăvești (în București), pentru ca la 26 iunie 1930 să aibă loc prima punere în funcțiune a unei instalații de 110 kV din țară, la stația de 110/60 kV Tîrgoviște, la 20 noiembrie 1930 intrînd în funcțiune și prima linie de 110 kV simplu circuit între CHE Dobrești și Tîrgoviște și dublu circuit între Tîrgoviște și CTE Grozăvești. Tensiunea de 110 kV va rămîne cea mai înaltă din țară pînă la 29 iulie 1963, cînd se va pune în funcțiune LEA 220 kV Stejaru—Fîntînele, împreună cu stațiile de 220 kV respective.

De menționat că prima stație de transformare de 60 kV în aer liber s-a pus în funcțiune în anul 1929 la Urlați.

În aceeași perioadă s-au diversificat și utilizările energiei electrice pe teritoriul României. Astfel, în anul 1893 s-a electrificat prima comună, comuna Topleț. În anul 1899, la Sibiu s-a folosit pentru prima oară energia electrică în agricultură. La 27 iulie 1899 s-au pus în funcțiune, la Timișoara, primele tramvaie electrice, pe o lungime de 10,3 km și tot în domeniul tracțiunii electrice, în anul 1904 a intrat în funcțiune primul troleibuz, la Sibiu; la 10 martie 1913 se pune în funcțiune prima cale ferată electrificată între Arad și Radna, iar în anul 1930 se pune în funcțiune, la Timișoara, prima stație automată cu redresoare, pentru alimentarea cu 550 V c.c. a tramvaielor din oraș.

De menționat și punerea în funcțiune, în anul 1925, a primei termoficări industriale (30 ata), de la centrala electrică a Fabricii de celuloză și hîrtie Bușteni.

După 23 August 1944, dezvoltarea rețelelor ia o amploare deosebită.

Astfel, încă din 27 august 1949, prin punerea în funcțiune a LEA 60 kV Grozăvești—Giurgiu—Ruse se realizează prima conexiune cu altă țară, R. P. Bulgaria, căreia România începe astfel să-i livreze energie electrică. Tot în anul 1949, se pune în funcțiune LEA 110 kV dublu circuit Brașov—Azuga, a doua linie de 110 kV din țară și prima proiectată și construită de către specialiști români.

În 26 octombrie 1950, Plenara C.C. al P.C.R. adoptă planul de electrificare a țării pentru o perioadă de 10 ani (1951—1960), eveniment hotărîtor pentru dezvoltarea energeticii românești și care prevedea următoarele linii principale:

— concentrarea producției de energie electrică în centrale mari, cu randamente ridicate;
— amenajarea complexă a apelor;
— crearea sistemului energetic național;
— electrificarea principalelor ramuri agricole și pătrunderea electrificării la sate;
— valorificarea rațională a resurselor energetice prin utilizarea combustibilului inferior.

Ca urmare a acestui eveniment, în domeniul rețelelor electrice începe și se desăvîrșește crearea Sistemului Energetic Național unitar. Astfel, la 17 septembrie 1954 se realizează interconexiunea sistemelor energetice Ardeal și Muntenia, prin punerea în funcțiune a circuitului nr. 1 al LEA 110 kV Fîntînele—Brașov. Pentru coordonarea acestora se înființează efectiv la 13 iunie 1966 Dispecerul Energetic Național, care va ridica în această zi și prima curbă de sarcină a Sistemului Energetic Național (SEN). La acest sistem se vor racorda în continuare sistemul energetic al Olteniei de Nord, la 14 iunie 1956, prin punerea în funcțiune a LEA 110 kV Paroșeni—Bărbătești, la 20 decembrie 1956 cel al Banatului, prin punerea în funcțiune a LEA 110 kV Paroșeni—Oțelul Roșu—Reșița. În 24 ianuarie 1959, în ziua centenarului Unirii Principatelor prin punerea în funcțiune a LEA 110 kV Buzău—Focșani s-a interconectat sistemul energetic Moldova, în care prima LEA de 110 kV între Borzești și Focșani se pusese în funcțiune la 31 decembrie 1955, la 27 decembrie 1957 s-a interconectat zona Iași, prin punerea în funcțiune a LEA 110 kV Roman—Iași, iar în 30 decembrie 1957, zona Galați prin punerea în funcțiune a LEA 110 kV Focșani—Galați.

În continuare se vor racorda la SEN, la 13 iulie 1959 zona Baia Mare, prin punerea în funcțiune a LEA 110 kV Cluj—Baia Mare, iar în 1959, zona Craiova, prin punerea în funcțiune a LEA 110 kV Bărbătești—Craiova; la 1 august 1960 zona Suceava, prin punerea în funcțiune a LEA 110 kV Stejaru—Suceava și Stejaru—Fălticeni, la 21 decembrie 1960 Dobrogea, prin punerea în funcțiune a LEA 110 kV Chișcani (Brăila)—Medgidia și la 30 decembrie 1960, zona Oradea, prin trecerea la 110 kV a LEA Gura Barza Vașcău.

În acest răstimp crește și nivelul tehnic al rețelelor și creația proprie românească în acest domeniu. Astfel:

La 17 august 1952 se montează primul transformator de 35/6 kV 15 MVA de fabricație românească (Electroputere Craiova), la CTE Ovidiu II.

Tot în anul 1952 se pune în funcțiune stația de 110 kV nr. 1 Brașov (azi Brainer Bella), prima stație de 110 kV proiectată și executată de specialiști români, cu portaluri din beton (armat, vibrat).

În luna decembrie 1959 are loc prima punere sub tensiune în țară a unui cablu de 110 kV (subteran) între stația București Centru și Cabina Aurora. Prima punere în funcțiune în sarcină a unui cablu de 110 kV va avea loc însă în 21 decembrie 1960, și anume cea a cablului subfluvial ce traversează Dunărea între Giurgiu și Vadul Oii.

În 25 octombrie 1961 se pune în funcțiune primul transformator de 110/35/5 kV de tip interior, de fabricație românească (Electroputere Craiova), în stația București Centru.

În 29 iulie 1963 este trecută la 220 kV LEA 110kV Stejaru—Fîntînele, care devine prima linie din țară funcționînd la această tensiune, cu această ocazie punîndu-se în funcțiune și primele autotransformatoare de 220/110 kV, în cele două stații adiacente.

Urmează introducerea tensiunilor superioare în SEN și interconectarea acestui sistem cu cele ale țărilor vecine, împreună cu care formează sistemul energetic interconectat (SEI) al țărilor socialiste. Astfel, în 27 octombrie 1963 se execută primul paralel al SEN și SEI, prin punerea în funcțiune a LEA 220 kV (cu gabarit de 400 kV) Luduș—Lemoșany.

Urmează, la 23 martie 1964 interconexiunea SEN cu sistemul energetic R. S. F. Iugoslavia, prin punerea în funcțiune a LEA 110 kV Timișoara—Kikinda, pentru ca la 1 decembrie 1965 să fie trecută la 400 kV LEA Iernut—Mukacovo (fostă LEA 220 kV Luduș—Lemoșany), linie care devine astfel prima LEA de 400 kV din țară, cu această ocazie intrînd în funcțiune la Iernut și primul autotransformator de 400/220 kV.

La 30 martie 1967 se interconectează SEN și prin aceasta SEI cu sistemul energetic al R. P. Bulgaria prin punerea în funcțiune a LEA 220 kV Işalnița—Beicinovți, iar în 15 ianuarie 1972 se pune în funcțiune LEA de 400 kV Porțile de Fier—București Sud (varianta prin Urechești), prima LEA de 400 kV internă din R. S. România.

În același timp, se fac noi progrese tehnice în rețele. Astfel:

— la 6 decembrie 1965 se pune în funcțiune primul tronson modern de cale ferată electrificată din țară, între Brașov și Predeal, funcționînd la 27,5 kV și 50 Hz;

— la 27 noiembrie 1969 se pune în funcțiune primul compensator sincron de mare putere din țară, de 60 MVAr, în stația Breiner Bella din Brașov;

— la 25 februarie 1973 se pune în funcțiune, în stația București Sud, primul autotransformator de 400/220 kV de fabricație românească (Electroputere Craiova), iar în 30 septembrie 1980 se pune în funcțiune primul transformator de 400/110 kV din țară, tot de fabricație Electroputere Craiova, în stația Smîrdan (Brăila), realizîndu-se prin aceasta prima transformare directă (și economică) de la 400 la 110 kV.

Dintre ultimele realizări tehnice în rețele se menționează:

— trecerile de la 400 kV ale LEA 220 kV Gura Ialomiței—Constanța Nord (în 15 octombrie 1981) și Lacu Sărat—Tulcea Vest (la 5 aprilie 1982) și punerea în funcțiune a transformatoarelor de 400/110 kV din stațiile Constanța Nord și Tulcea Vest;

— punerea în funcțiune, la 14 octombrie 1982, a LEA 400 kV București Sud—Pelicanu și prin aceasta dublarea arterei de transport București Sud—Gura Ialomiței;

— punerea în funcțiune, la 23 ianuarie 1983, a stației de conexiuni de 400 kV Gădălin (intercalată în LEA 400 kV Iernut—Roșiori), iar la 29 iulie 1983 a LEA 400 kV Gădălin—Cluj Est și a stației de 400/110 kV Cluj Est;

— punerea în funcțiune la 8 martie 1984 a stației 400 kV Reșița și a LEA 400 kV Reșița—Anina, pentru evacuarea puterii din CTE Reșița.

În 30 octombrie 1984 a fost trecută la 400 kV artera de 220 kV Domnești (București—Brazi—Dîrste (Brașov).

În prezent sînt în curs de execuție, cu termen de finalizare în acest an, o LEA 750 kV de interconexiune între U.R.S.S. și România (și apoi între România și Bulgaria), precum și o stație de 750 kV/400 kV Isaccea, prin aceasta România urmînd să devină cea de-a patra țară din Europa (după U.R.S.S., Ungaria și Polonia) și a șasea din lume (astfel de instalații mai existînd în S.U.A. și în Canada) care va avea instalații de 750 kV.

După cum s-a arătat, dezvoltarea rețelelor electrice a luat un avînt deosebit după 23 august 1944 și în special după anul 1965, cînd a avut loc Congresul IX al P.C.R. și cînd, în 19 august, a fost înființat Ministerul Energiei Electrice, ca urmare a împărțirii Ministerului Minelor și Energiei, în cadrul căruia conducerea, exploatarea și întreținerea rețelelor a fost

organizată prin unități teritoriale puternice (IRE), coordonate de către Centrala Industrială de Rețele Electrice (CIRE).

În această din urmă perioadă, au luat avînt puternic și activitățile suplimentare create după 23 august 1944 în cadrul întreprinderilor de rețele electrice, activități menite să asigure direct în cadrul acestora condițiile dezvoltării rețelelor, precum și punerea la dispoziție a mijloacelor necesare unei bune activități de exploatare și întreținere.

Astfel, începînd din 1 mai 1958 au luat ființă serviciile tehnice de proiectare în cadrul întreprinderilor de rețele electrice, transformate din 16 februarie 1968 în ateliere de proiectare, care au asigurat și asigură documentațiile de execuție pentru toate instalațiile de pînă la 110 kV inclusiv, cu mențiunea că, începînd cu 1 mai 1969, în cadrul CIRE a luat ființă și o secție de proiectare proprie, devenită din 1 aprilie 1973 secția de cercetare-proiectare.

Treptat, această activitate de proiectare s-a dezvoltat, numărul de proiectanți rămînînd practic constant, productivitatea muncii în acest domeniu crescînd față de anul 1975 cu 29% în 1980 și cu 68% în 1984.

Totodată, începînd din 1 ianuarie 1960 au luat ființă, în cadrul întreprinderilor de rețele electrice, secții (devenite în anul 1963 șantiere, iar din 16 martie 1984, baze și antreprize de construcții-montaj proprii), care au asigurat și asigură lucrările noi pentru toate instalațiile pînă la 110 kV exclusiv.

Evoluția volumului producției de construcții-montaj realizată de aceste șantiere este prezentată în tabelul 1.

Tabelul 1

Anul	Producția globală	Numărul de personal	Producția lei/om al muncii
1970	100%	100%	100%
1975	144%	93%	155%
1980	148%	61%	240%
1984	223%	58%	386%

Se observă că, în intervalul 1975—1984 volumul producției a crescut la 223%, în timp ce numărul de personal a scăzut la 57%, productivitatea muncii crescînd la 386%.

În cadrul întreprinderilor de rețele electrice, în anii de democrație populară a luat ființă, ca o activitate ajutătoare, cea de construcții de mașini. Astfel, în anul 1958 se pune în funcțiune atelierul de reparat transformatoare mari (pînă la 110 kV, 20 MVA) de la IRE Sibiu, prin dezvoltarea atelierului de bobinaj construit aici încă din anul 1940 (prim ultransformator reparat aici a fost cel de 110/35/15 kV de la CET Tîrnăveni). În anul 1960 a fost dat în folosință și atelierul de reparat transformatoare de la Roman, unde primul transformator reparat a fost cel de 20 MVA, 110/38,5/6,6 kV din stația Laminorul — Roman. A urmat darea în folosință a atelierelor mari de la București, Ploiești, Deva și Timișoara, ateliere mai mici existînd în toate întreprinderile.

Volumul producției de construcții de mașini a evoluat treptat din anul 1959, în anul 1984 depășind cu 184% volumul din anul 1970 și cu 12% pe cel din 1980, toată această creștere realizîndu-se exclusiv în baza creșterii productivității muncii, care în anul 1984 a ajuns la o valoare foarte ridicată ținînd seama de specificul produselor de serie mică și foarte diversificată specializare ale întreprinderilor de rețele electrice.

Din istoricul Societății Electrica la 80 de ani de la începuturile activității

Ing. Petre Bulighin *

Începuturile

Societatea Electrica ca și Societatea Generală de Gaz și de Electricitate din București (Gazelectra) sînt întreprinderi care, pînă în 1948, au adus importante contribuții la electrificarea României.

Mă voi ocupa de Societatea Electrica, în care am activat îndelung, expunînd aspecte mai puțin cunoscute, fără a dezvolta realizările tehnice, despre care există publicații **.

Societatea Electrica a fost înființată ca urmare a hotărîrilor ce s-au luat la sfîrșitul secolului trecut și începutul secolului actual de-a se încredința societății de electricitate germane Lahmeyer din Frankfurt pe Main (existentă și în prezent) alimentarea cu energie electrică în

* Ing. Petre Bulighin este diplomat din 1920 al Școlii Naționale de Poduri și Șosele (penultima serie înainte de transformarea școlii în Politehnică) și diplomat al Institutului Electrotehnic Montefiore al Universității din Liège (Belgia). A activat în cadrul societăților Electrica și Concordia ocupînd funcții de răspundere pînă la gradul de director al departamentului Electrica (după fuzionarea cu Societatea Concordia, Societatea Electrica a devenit departament în cadrul acesteia).

Între 1947 și 1969 a funcționat la IPI (transformat în IPROMET), ca inginer-șef de proiect. În total 48 de ani de activitate.

** Îndeosebi Istoria Energeticii și Electrotehnicii în România pînă în 1950.

Valea Prahovei, regiune în care se făceau atunci primii pași spre industrializare, în principal pe baza petrolului.

Începutul l-a constituit construirea CHE Sinaia, pe rîul Prahova, de 1 MW, pusă în funcțiune în 1899, după proiectul prof. ing. Elie Radu, existentă și în prezent.

În 1902 întreprinderea constituită inițial s-a transformat în societatea pe acțiuni Electrica. Acțiunile acestei întreprinderi au trecut succesiv în decursul timpului în cîteva mîini : germane, române, belgiene și sovietice, schimbări datorate, în principal, evenimentelor din cele două războaie mondiale. Aceste schimbări nu au afectat în mod deosebit organizarea și activitatea tehnică, desfășurată aproape exclusiv de specialiști români, dar au determinat opțiunile programelor de investiții, în raport cu capacitatea de finanțare a deținătorilor de acțiuni și calculelor economice.

Activitatea Societății Electrica s-a dezvoltat, în principal, după construirea și punerea în funcțiune, în 1906, a CTE pe păcură Cîmpina, echipată cu trei agregate a 0,5 MW. Această centrală, ajutată de CHE Sinaia, cu care era interconectată, avea scopul să alimenteze șantierele petroliere din regiune, orașul Cîmpina din 1908 (pe baza proiectului prof. ing. N. Vasilescu Karpen) și comunele din vecinătatea rețelei electrice, construită la tensiunile de 10 kV și 25 kV.

Aspecte din activitatea după primul război mondial

Dezvoltarea deosebită și imprimarea unor concepții tehnice superioare s-au manifestat după primul război mondial, cînd acțiunile au ajuns în mîini românești, iar conducerea era încredințată prof. ing. Constantin Bușilă și prof. ing. Constantin Budeanu.

În toamna anului 1920, cînd am fost angajat ca inginer începător la centrala Cîmpina, unde era Direcția Exploatărilor Societății Electrica, aceasta alimenta orașul și șantierul petrolifer Cîmpina, șantierul petrolifer Bușteni—printr-o linie de 10 kV, șantierele petrolifere Băicoi, Țintea, Moreni și rafinăriile de petrol Vega, Astra Română și Columbia prin linii de 25 kV și cîteva întreprinderi industriale : fabrica de ciment de la Comarnic, fabrica de produse refractare Băicoi, fabrica de cuie de la Sinaia și cîteva ateliere mărunte. Tot printr-o linie de 25 kV CTE Cîmpina era interconectată cu CHE Sinaia.

În paralel cu activitatea de exploatare a direcției de la Cîmpina, un birou de studii de pe lîngă direcția generală a societății la București întocmea primele studii aprofundate în legătură cu electrificarea țării. Aceste studii au stat la baza constituirii Institutului Român de Energie, susținut multă vreme de Electrica.

Activitatea petroliferă din jud. Prahova se dezvolta impetuos în primele trei decenii ale secolului nostru și Electrica și-a întins rețeaua pentru alimentarea acestei industrii, a unui mare număr de localități și a altor industrii, ajungînd la nord pînă la Brașov, la est pînă la Urlați și la sud temporar pînă la București, prin punerea în funcțiune a liniei de 60 kV Cîmpina —Ploiești—București, care a funcționat în 1924 și 1929.

Dar puterea centralei Cîmpina era prea mică pentru a putea acoperi sarcina receptoarelor racordate. Ca urmare consumatorii erau alimentați cu întreruperi, după un program stabilit. Situația s-a îmbunătățit după punerea în funcțiune a CTE pe gaze de sonde de la Florești, interconectată cu CTE Cîmpina și s-a construit linia de 60 kV Florești—Ploiești—București.

Între timp, însă, din cauza alimentării cu energie electrică cu restricții a exploatărilor de petrol, acestea au început să folosească în șantierele lor motoare cu gaze de sondă, produs care în acea vreme era deșeu nefolosit (cu excepția unor mici cantități la încălzirea birourilor și locuințelor de pe șantier). Înlocuindu-se masiv motoarele electrice cu motoare cu gaze, cererea de energie electrică a scăzut prin anii 1930—1931 în așa măsură încît o singură centrală acoperea întreaga sarcină și se oprea periodic cînd centrala Cîmpina, cînd centrala Florești. Situația societății Electrica era foarte dificilă. Inginerii direcției exploatărilor societății și-au dat seama că, dată fiind superioritatea motoarelor electrice asupra motoarelor cu gaze— supleță, exploatare ușoară și sigură, situația poate fi redresată printr-o politică tarifară care să atragă pe petroliști. În primul rînd s-au gîndit să cîștige acționarea stațiilor de compresoare de gaze foarte numeroase, reprezentînd un consum foarte mare de energie în condiții ideale pentru furnizor — sarcină constantă și continuă. Dar tocmai de aceea nu puteau fi cîștigate decît printr-un preț foarte redus al energiei electrice. S-a acordat pentru energia consumată de compresoare un preț mult mai mic decît prețul de cost — un preț cu puțin mai mare decît costul combustibilului consumat pentru producerea acestei energii. Operația a reușit din plin. În scurtă vreme toate stațiile de compresoare au înlocuit motoarele de gaze cu cele electrice, sarcina centralelor electrice a crescut mult, ceea ce a redus simțitor costul de producere al energiei, permițînd și reducerea tarifului general. În același timp, Electrica a introdus tariful în trepte, așa încît

marii consumatori plăteau un preț foarte mic pentru energia consumată de noii receptori racordați. Prin aceste măsuri situația a fost redresată și centralele funcționau din nou cu plină sarcină.

Este de remarcat că, deși problema a fost de ordin economic, ea nu a fost soluționată de serviciile comerciale, ci de cele tehnice.

Aportul de mijloace de finanțare și realizarea de noi centrale și rețele electrice

În acea epocă concernul franco-belgian Petrofina, care deținea majoritatea acțiunilor Societății Concordia, împreună cu concernul Electrobel-Hydrofina, au decis să participe la dezvoltarea electrificării regiunii Valea Prahovei și a zonelor aferente, precum și a zonei orașului București, prin finanțarea construirii de noi capacități de producere a energiei electrice și a rețelelor aferente.

În acest scop, pe baza înțelegerilor intervenite, grupurile menționate, prin operații financiare, au achiziționat acțiunile Societății Electrica, ale Societății Ialomița (care execută CHE Dobroești pentru alimentarea cu energie electrică a capitalei) și ale Societății carbonifere Lignitul (care execută CHE Schitu Golești pe lignit pulverizat, în același scop). Concomitent cu construirea celor două noi centrale, erau extinse centralele Cîmpina și Florești, cu cîte un grup de 15 MW, respectiv 6,4 MW și erau interconectate cu CTE Schitul Golești și CTE Gura Ocniței, care fusese construită de Societatea Concordia.

Din toamna anului 1930 toate centralele menționate au fost încredințate pentru exploatare Societății Electrica. CHE Dobrești a ieșit din exploatarea Societății Electrica în 1938, cînd această centrală a fost preluată de Gazelectra, constituind cu celelalte două centrale ale acesteia (CTE Grozăvești și CTE Filaret) un sistem energetic. În aceeași perioadă, aceste centrale erau dezvoltate de Gazelectra prin propriile ei mijloace financiare.

În acest mod, după 1930, în Muntenia, între Carpați și Dunăre, se crease o capacitate importantă producătoare de energie electrică, cu rețelele electrice aferente.

Concentrarea în Societatea Concordia

Încă o operație cu caracter financiar a fost fuzionarea în Societatea petroliferă Concordia a Societății Electrica și a Societății Lignitul. Ca urmare, Societatea Concordia a fost reorganizată pe patru departamente : „Petrol" care cuprindea șantierele petrolifere și rafinăria Vega, „Metalurgic", care cuprindea atelierele Ploiești, „Minier", care cuprindea minele Societății Lignitul și cîteva mine mărunte și „Electrica" care cuprindea instalațiile Societății Electrica și centralele Schitu Golești și Gura Ocniței cu rețelele lor. Departamentele urmau să fie administrate ca unități independente sub conducerea cîte unui director, problemele financiare și programele de investiții fiind coordonate de un director general. Direcția generală și biroul de studii ale Societății Electrica s-au desființat, rămînînd la București numai directorul departamentului Electrica cu un birou foarte redus. Direcția exploatărilor de la Cîmpina devenea direcție tehnică și exploatarea era reorganizată prin interconectarea centralelor Cîmpina—Sinaia—Florești—Gura Ocniței—Schitu Golești. Se realiza astfel primul sistem electronergetic de mare capacitate din țară. Pe lîngă această prioritate mai sînt de semnalat următoarele realizări deosebite în domeniul energetic : prima CTE pe gaze de sondă (Florești), prima CTE pe lignit pulverizat (Schitu Golești), primul compensator sincron pentru ameliorarea factorului de putere (la CTE Florești), primul grup de mare capacitate (15 MW la CTE Cîmpina), realizarea tuturor rețelelor de înaltă tensiune (10,25 și 60 kV) prin mijloace proprii.

Printre alte aspecte este de menționat preocuparea pentru estetica instalațiilor industriale. Ca exemplu sînt posturile de transformare construite în localitățile turistice de pe Valea Prahovei, care, proiectate de marele arhitect Duiliu Marcu, se încadrează foarte bine în mediul înconjurător și pot fi văzute și astăzi.

Personalul

Atît Societatea Electrica, cît și Societatea Generală de Gaz și de Electricitate din București au folosit, cu puține excepții, personal ingineresc format în institutele de învățămînt tehnic superior din țară și cîțiva specialiști formați în institute din străinătate.

Competitivitatea tehnică, în condițiile aprecierii reciproce, a stimulat spiritul realizator și de progres tehnic al celor două mari întreprinderi. De notat că toate realizările Societății Electrica, cu excepția CTE Gura Ocniței și Schitu Golești, au fost proiectate și executate de personalul societății.

Proiectele celor două CTE au fost trimise din străinătate, cu mențiunea că au fost elaborate fără cunoașterea condițiilor locale, urmînd să fie adaptate de inginerul român, conducător al execuției, cu dreptul de a face orice modificare va socoti necesară, el fiind singurul răspunzător de buna funcționare a CTE.

Experiența lucrărilor atît de variate, participarea la Congresele Internaționale (îndeosebi la CIGRE și UNIPEDE) conlucrarea cu Institutul Român de Energie și cu Asociația Producătorilor și Distribuitorilor de Energie Electrică din România (din care o secție funcționa în responsabilitatea Societății Electrica) a condus la formarea, în cadrul societății Electrica și Gazelectra, a unui corp de ingineri de mare specialitate — mulți de valoare deosebită, care au participat după 1950 la electrificarea țării.

Dintre inginerii care au activat la Electrica s-au remarcat în mod deosebit:

Profesor inginer Constantin Bușilă, director general al Societății Electrica, inițiatorul și conducătorul Institutului Român de Energie — IRE.

Profesor inginer Constantin Budeanu, director tehnic al Societății Electrica, care, pe baza constatărilor funcționării rețelei electrice în condițiile alimentării unui foarte mare număr de motoare electrice asincrone, a întreprins studii valoroase în domeniul energiei reactive și mai tîrziu a definit regimul deformant, studii pentru care a fost cooptat membru al Academiei Române.

Inginer Mircea Voinescu, care a fost directorul exploatărilor Societății Electrica din 1920 pînă la fuzionarea acesteia cu Societatea Concordia, apoi directorul departamentului Electrica pînă în 1945 cînd a decedat. Pe lîngă valoarea sa tehnică și puterea de muncă deosebită, a avut meritul ca, deși foarte exigent în ceea ce privea serviciul, prin stimularea spiritului de colaborare, prin eliminarea necruțătoare a intriganților și ajutorarea oricăruia din subalternii lui, de la inginer la ultimul muncitor, cînd se afla la nevoie, să creeze o atmosferă de bună înțelegere și colaborare aproape familiară nemaiîntîlnită în alte întreprinderi în acele vremuri.

Profesor inginer Cristea Mateescu, constructor și hidrotehnician cu mari realizări, mai tîrziu membru al Academiei R.S.R.

Profesor doctor inginer Dorin Pavel, talentat autor a numeroase proiecte hidroenergetice și hidrotehnice.

Profesor inginer Constantin Dinculescu, ulterior rector al Institutului Politehnic București și membru corespondent al Academiei R.S.R.

Inginer Alexandru Vasiliu, care a proiectat și executat cea mai mare parte a rețelei electrice a societății Electrica.

Inginer Constantin Dinulescu — zis Leul — termotehnician de valoare, specializat în exploatarea centralelor termoelectrice.

Inginer Nicolae Negrescu, care a condus succesiv exploatarea a trei centrale de tipuri diferite: Schitu Golești, Dobrești și Grozăvești (ultima după transferarea la Gazelectra).

Dintre inginerii angajați în ultima perioadă a Electricei (1945) sînt de menționat: **dr. ing. Călin Mihăileanu și dr. ing. Eugeniu Pavel,** care ulterior au avut responsabilități deosebite în cadrul Ministerului Energiei Electrice.

Trebuie amintit că pentru personalul tehnic mediu Școala de Electricieni și Mecanici, înființată de profesorul inginer Dimitrie Leonida, a dat elemente foarte valoroase. Dintre aceștia **Dumitru Eremia,** fost foarte mulți ani șef mecanic al CTE Cîmpina, apoi șef al CTE Florești, s-a remarcat printr-un simț mecanic deosebit, după cum **Constantin Chirstiuc** a fost mecanic de bază la CTE Grozăvești.

Un merit deosebit l-a avut **maistrul Constantin Ionescu** — supranumit Ionescu-Bobinaj — care a organizat și condus ani îndelungați la Cîmpina, atelierul de reparat transformatoare și mașini electrice, ce s-a bucurat de un binemeritat prestigiu tehnic în toată zona Prahovei și chiar a capitalei.

Ultima perioadă

În 1940 acțiunile Societății Concordia au fost cumpărate de statul german, iar în 1946 au trecut ca bun german în posesia U.R.S.S., dar nici unii, nici ceilalți nu au introdus personal străin la Electrica.

În timpul posesiunii germane, Electrica a comandat un grup generator și cazanele aferente pentru mărirea centralei Cîmpina, care nu mai avea rezervele necesare de putere, dar acestea nu au fost primite fiind distruse în timpul transportului, de bombardamentele armatelor aliate.

În timpul administrației Sovietice, investiția cea mai însemnată a fost linia de 60 kV Urlați—Buzău, instalată pentru alimentarea cu energie electrică a șantierului petrolifer al Societății Astra Română din apropierea orașului Buzău.

La acea vreme, Electrica avea în exploatare CTE Cîmpina, Florești, Gura Ocniței, Schitu Golești, mica CHE Sinaia și rețeaua electrică care se întindea de la Cîmpulung Muscel (respectiv Schitu Golești) la Buzău — de la apus la răsărit — și de la Brașov la Brazi (la sud de Ploiești), de la miazănoapte la miazăzi. Sub această formă, Electrica și-a continuat activitatea pînă la 31 decembrie 1948, cînd a fost desființată Societatea Concordia, iar instalațiile ei electrice au trecut la Ministerul Energiei Electrice.

NOTĂ: La elaborarea acestui articol a fost consultat ing. Paul Cartianu și s-au folosit date din lucrarea sa (în manuscris) „Centenarul începuturilor folosirii energiei electrice mondiale și pe teritoriul României".

De la Comitetul Național Român
al Conferinței Mondiale a Energiei (CME)

Preocupări privind disponibilitatea centralelor termoelectrice

Unul dintre cele mai importante organisme tehnice ale CME este *Comitetul ad-hoc mixt CME/UNIPEDE privind disponibilitatea centralelor termoelectrice.*

Comitetul mixt CME/UNIPEDE cuprinde membri din Australia, Brazilia, Danemarca, Franța, Marea Britanie, RDG, RFG, Iordania, Italia, Japonia, Malaezia, România, Spania, Suedia, S.U.A., Taiwan (China), U.R.S.S., precum și reprezentanți ai unor organizații internaționale, cum sînt Agenția Internațională pentru Energie Atomică (AIEA) și Banca Mondială (BIRD).

Președintele în exercițiu al Comitetului este Derek A. Davis, membru al Consiliului de Administrație al CEGB (Marea Britanie) din partea UNIPEDE. Înaintea sa, ca președinte din partea CME, a fost membrul român prof. V. I. Nitu.

Una dintre primele măsuri în direcția unui schimb de experiență pe plan mondial în domeniul disponibilității CTE a fost luată în urma celui de al 11-lea Congres al CME de la München din 1980. Comitetul de Stat pentru Energie Electrică din Suedia a pus bazele unui grup care să promoveze fiabilitatea, disponibilitatea și mentenabilitatea (RAM), iar Comitetul mixt CME/UNIPEDE a propus o metodă adecvată pentru schimbul de experiență, și anume organizarea de discuții directe pe bază de chestionar în diferite regiuni ale lumii; comitetul din Suedia a consimțit să fie obiectul primelor discuții de acest tip. Această măsură s-a bucurat de mare succes și, cu începere din această perioadă, s-au organizat și alte discuții regionale în Asia de sud-est, în nordul și vestul Africii, discuții care au fost purtate în același cadru de lucru. Sînt programate întruniri similare pentru Asia de vest, inclusiv pentru țările arabe producătoare de petrol din zonă, precum și pentru America Latină.

Comitetul mixt a emis deja publicații de valoare pentru energeticieni. Astfel, există o broșură cuprinzînd definițiile și metodele de calcul ale factorilor de disponibilitate și indisponibilitate; s-au publicat două broșuri statistice cu date existente pînă în 1981 inclusiv.

Statisticile conțin informații cu privire la disponibilitatea centralelor termoelectrice, începînd cu aceea a grupurilor din astfel de centrale. Ele se extind și la centrale nuclearoelectrice, exceptînd reactoarele, dar includ toate celelalte echipamente și părți cu caracter clasic din centralele nuclearoelectrice.

În statistici s-au utilizat inițial trei criterii pentru definirea indisponibilității: timpul, puterea și energia.

Statisticile pe bază de timp sînt determinate de raportul dintre timpul de stagnare și perioada totală de observare. Utilizarea acestei metode poate duce la rezultate eronate, deoarece nu ține seama de perioadele în care grupul funcționează la sarcini parțiale. Corectarea prin calcularea unui timp echivalent de stagnare la sarcina nominală, adică prin ponderea timpului cu capacitatea indisponibilă duce la transformare criteriului simplu de timp într-un criteriu de energie.

Statisticile bazate pe putere utilizează factorii de indisponibilitate momentană, așa cum apar aceștia la intervale periodice regulate. Criteriul conduce la o medie aritmetică a factorilor de indisponibilitate. Se neglijează astfel variațiile indisponibilității în intervalele ce se scurg între datele momentane consemnate.

Statisticile pe bază de energie utilizează produsul dintre puterea indisponibilă și durata perioadei de reducere a puterii sau de stagnare. Acesta este apoi raportat la produsul dintre puterea de referință și durata perioadei de observare.

Este evident că cea mai valoroasă statistică este cea bazată pe energie. Aceasta ia în considerație indisponibilitățile parțiale și previne erorile de eșantionare, care apar dacă se fac doar înregistrări momentane la intervale mari de timp.

Trecînd de la grup la centrală și apoi la un sistem electroenergetic, statisticile pot alcătui o bază valabilă pentru estimarea puterii de rezervă necesară sistemului electroenergetic în ansamblu.

Rămîn în continuare, încă două probleme deschise pe care le implică definirea disponibilității: care este puterea de referință?

Dacă drept putere de referință se alege puterea nominală a grupului, s-ar putea ca aceasta să realizeze o disponibilitate de peste 100% în cazurile în care constructorii de mașini au realizat grupurile cu rezervă din proiectare față de puterea nominală declarată. De aceea, drept putere de referință se ia *puterea maximă* (a) a grupului, iar pentru centrală suma puterilor maxime ale grupurilor. Puterea maximă se definește ca puterea maximă ce se poate produce în condițiile unei funcționări continue (15 ore sau chiar mai mult), centrala fiind în întregime în stare de funcționare, cu alimentările adecvate de combustibil și apă, ambele fiind de calitate normală. Această definiție are semnificația că trebuie luate în considerație și rezervele de suprasarcină față de puterea nominală ce pot fi mobilizate timp nedefinit, dar nu și cele ce pot fi menționate pe perioade limitate.

În fine, se pune problema dacă trebuie să se ia în considerație puterea brută sau cea netă. Se consideră că puterea produsă brută este cea măsurată la bornele de ieșire ale tuturor grupurilor din centrale. Puterea netă ia în considerare puterea maximă ce poate fi livrată de către centrală, scăzîndu-se puterea consumată de serviciile interne ale centralei și de pierderile din transformatoarele considerate ca părți componente ale centralei.

Pe plan internațional există tendința generală de a adopta puterea netă drept criteriu relevant.

În consecință, statisticile s-au îndreptat spre următoarele definiții:

— *Puterea disponibilă* (b) a unui grup sau a unei centrale termoelectrice este puterea maximă pe care o poate furniza la un moment dat în condițiile existente în acel moment, considerînd nelimitată capacitatea de preluare a sistemului.

— *Puterea indisponibilă* (c) a grupului sau a centralei termoelectrice este diferența dintre puterea maximă (a) și puterea disponibilă (b), exprimată concentrat în ecuația simplă:

$$c = a - b, \quad \text{în MW.}$$

Firește, termenii trebuie să fie exprimați toți fie în valori brute, fie nete, preferabil nete.

Puterea indisponibilă poate fi împărțită în două categorii:

c_1 = puterea ce nu este disponibilă din cauză de reparații planificate;

c_2 = puterea ce nu este disponibilă din orice alt motiv. c_2 include și puterea în reparație care durează un timp mai lung decît cel planificat.

Astfel, *factorul de disponibilitate*, f %, pe o perioadă specificată de timp este raportul dintre energia (B) pe care puterea disponibilă (b) medie ar fi putut să o genereze și energia (A) pe care puterea maximă medie (a) ar fi putut să o genereze, ambele considerate pe întreaga perioadă de timp.

Ecuația simplă este :

$$f = B/A \times 100\,\%.$$

Factorul de indisponibilitate, g %, este raportul dintre energia (C), care ar fi putut fi generată în această perioadă de timp de către o putere egală cu cea indisponibilă (c) medie, și energia (A), care ar fi putut fi generată de către puterea maximă (a) medie în aceeași perioadă de timp, astfel încît :

$$g = C/A \times 100\,\%.$$

Din activitatea Comitetului mixt CME/UNIPEDE s-au conturat pînă în prezent unele concluzii, printre care se pot cita :

— o bună performanță privind disponibilitatea este preferabilă chiar unor consumuri specifice de combustibil reduse dacă se are în vedere întreaga durată de viață a unui grup ;

— măsurile urmărind reducerea costurilor sînt contraproductive, dacă au ca efect reducerea fiabilității și, implicit, a disponibilității grupurilor ;

— în concepția și proiectarea grupurilor trebuie să se urmărească găsirea de soluții simple și nesofisticate prin conlucrarea între cercetători și proiectanții de echipamente și cercetători și personalul tehnic al unităților de exploatare ;

— modificarea proiectelor de execuție trebuie justificată temeinic ; repetabilitatea și identitatea mai multor grupuri ușurează exploatarea și sporește dispobinilitatea ;

— instrucțiuni de exploatare și de întreținere, întocmite de fabricant și agreate de utilizator, sînt un factor cheie în lupta pentru o disponibilitate ridicată ;

— lista de specificații la comanda întreprinderilor de exploatare trebuie întocmită cu mare atenție și din timp ;

— constructorul de mașini și exploatantul trebuie să conlucreze pe toată durata de viață a centralei în vederea limitării nevoilor pentru reparații planificate și rezolvării dificultăților neprevăzute ce apar în exploatare ;

— durata de viață și disponibilitatea grupurilor pot fi ameliorate prin modernizări ulterioare ;

— prezența reprezentanților furnizorului de echipament la primele reparații planificate se dovedește a fi utilă ;

— creșterea fiabilității și disponibilității comportă cheltuieli, în general, importante, dar neluarea măsurilor care să conducă la obiectivul enunțat mai sus se traduce cu pagube sensibil mai importante.

* * *

Între 28 și 31 octombrie 1985 Comitetul Național Italian al CME și ENEL vor găzdui la Roma un simpozion sub egida Comitetului mixt CME/UNIPEDE, cu tema „Conducerea disponibilității centralelor termoelectrice", în scopul îmbunătățirii performanței centralelor.

Obiectul simpozionului îl formează un schimb de experiență și de informații asupra metodelor folosite de unitățile de producere a energiei electrice din țările industrializate și din cele în curs de dezvoltare cu reprezentanți ai marilor unități producătoare de mașini și echipamente energetice.

Secțiile și rapoartele ce se prezintă la simpozion sînt următoarele :

Secția 1. *Punctul de vedere al întreprinderilor de producere a energiei electrice*

— S. W. W. SHOR (Bechtel, SUA) : Fiabilitatea centralelor în perioadele de vîrf de sarcină

— J. KRASNODEBSKY și M. S. GROVER (Ontario Hydro, Canada) : Costurile pe întreaga durată de viață, factor important în proiectarea și planificarea cifrelor de disponibilitate

— H. HILDALGO CRUZ (Comisia federală de energie electrică, Mexic) : Experiența mexicană privind disponibilitatea centralelor electrice

— C. POGGI (ENEL, Italia) : Folosirea pîrghiilor contractuale și a listelor de specificații pentru implicarea întreprinderilor mici și mijlocii din industria locală la construirea și reparațiile centralelor electrice

Secția 2. *Culegerea de date și analizarea acestora*

— M. BENDAACE (SONELGAZ, Algeria) : Culegerea datelor privind disponibilitatea, experiența algeriană

— R R. RICHWINE (Southern Co. Services, SUA) : Importanța culegerii și prelucrării datelor în conducerea exploatării centralelor electrice

— H. HOFFMANN (RWE, RFG) : Folosirea statisticilor privind centralele electrice la conducerea exploatării acestora

Secția 3. *Punctul de vedere al constructorilor de mașini și echipamente*

— P. C. WARNER (NEI, Anglia) și H. LANGNER (Babcock, RFG) : Grupuri cazan-turbină cu mare disponibilitate

— K. G. REINHARD (BBC, Elveția) : Disponibilitatea CTE privită din punctul de vedere al constructorului de echipamente

— G. ARCELLI și P. GIORDANO (Auslando, Italia) : Proiectarea și construcția de cazane și turbogeneratoare de mare disponibilitate

— S. SAWICKI și R. SZCZERBA (MEGADEX și Ministerul Minelor și Energiei, Polonia) : Experiența și realizările în domeniul ameliorării disponibilității grupurilor de putere medie, privite prin prisma constructorilor de echipamente energetice.

— G. ERICSSON și H. STATTIN (ASEA, Suedia) : Folosirea fiabilității inginerești la realizarea unor performanțe ridicate privind fiabilitatea

Secția 4. *Conducerea disponibilității în exploatare*

— H. SCHUHMANN (HEW, RFG) : Strategii și sisteme folosite la întreținere și reparații

— A. SHERRY (CEGB, Anglia) : Disponibilitatea centralelor în țările în curs de dezvoltare

— F. GALLI : Conducerea disponibilității : experiența ENEL

— S. A. SUBRAMANIAN (CEA, India) : Conducerea disponibilității în exploatare

Secția 5. *Pregătirea personalului de exploatare și de întreținere-reparații*

— D. N. POOLE (Sierra Pacific Power Cy, SUA) : Disponibilitate crescută prin pregătirea personalului

— J. HARDING (IFV Kyndbyvaerket, Danemarca) : Pregătirea personalului de exploatare și reparații

— G. BEAUCHESNE (EdF, Franța) : Pregătirea personalului din CNE la EdF. Noi metode de formare și practici ameliorate de pregătire

Se așteaptă ca la acest prim simpozion organizat pe o astfel de temă sub egida Comitetului mixt ad-hoc CME/UNIPEDE să participe circa 200 specialiști din țări industrializate și țări în curs de dezvoltare.

C.M.

Informații economice

În tabelele de mai jos se prezintă evoluția unor date statistice din activitatea de exploatare a unităților din Electricité de France, publicate în raportul pe anul 1983, care pot avea interes pentru specialiștii din țara noastră preocupați de problemele dezvoltării bazei energetice a R.S. România.

Tabelul 1

Evoluția ponderii cheltuielilor specifice pe activități în perioada 1973—1984 la EdF, în %

Sectorul de activitate	1973	1979	1980	1981	1982	1983
Producție termoelectrică						
• clasică	26,2	29,1	29,1	24,6	23,3	18,6
• nucleară	6,0	14,0	18,5	26,1	28,0	33,3
Producție hidroelectrică	14,1	8,9	8,1	7,9	7,5	7,8
Cumpărări de energie electrică	6,1	8,5	7,9	6,4	6,6	5,1
Transportul energiei electrice	7,7	6,7	6,3	6,5	6,5	7,0
Distribuția energiei electrice	39,9	32,8	30,1	28,5	28,1	28,2
	100	100	100	100	100	100

Tabelul 2

Structura cheltuielilor în evoluția costurilor pe kWh livrată la EdF (în centime — 1983)

	1979	1982	1983
Cheltuieli cu combustibilul și cumpărări de energie	10,75	11,87	9,77
Cheltuieli de exploatare	13,52	14,22	14,03
Amortismente și taxe, dobînzi	11,87	16,08	17,37
TOTAL	36,14	42,17	41,17

Tabelul 3

Evoluția fondurilor fixe și a cantităților de energie electrică livrată de EdF (1960—1983)

	1960	1970	1973	1982	1983
Puterea maximă a centralelor (MW), din care:					
— tehnică nucleară	51	1380	2375	22740	26310
— termică, cu focare (clasică)	5675	13504	17107	22103	23040
— hidraulică	9280	14019	14800	19626	19760
Producție medie hidraulică (TWh)	34,2	50,7	54,0	60,4	60,6
Lungimea liniilor electrice de transport (km)					
— linii 400 kV	524	4491	5464	12384	13055
— linii 225 kV	13266	20538	22386	24184	24623
— linii de 150 kV	9279	6865	6750	4421	4284
Energie livrată de EdF în Franța (TWh)	51,7	113,1	142,1	231,1	236,0

Tabelul 4

Evoluția producției și a consumului de energie electrică în Franța după 1945, TWh/an

Anul	Producția				Consum intern
	Termoelectrică		Hidroelectrică	Total	
	Nucleară	Clasică			
1945	—	8,2	10,2	18,4	19,1
1950	—	17,0	16,2	33,2	33,4
1955	—	24,1	25,6	49,7	49,6
1958	0,004	29,4	32,4	61,804	62,0
1960	0,13	31,7	40,5	72,33	72,0
1962	0,42	46,9	35,9	83,22	82,3
1965	0,9	54,1	46,4	101,4	102,2
1968	3,2	64,4	50,3	117,9	119,2
1970	5,1	79,0	56,	140,7	140,0
1972	13,8	101,5	48,7	164,0	157,5
1974	13,9	109,6	56,8	180,3	179,8
1976	15,0	131,2	48,7	194,9	196,4
1978	29,0	119,7	68,5	217,2	220,8
1980	57,9	118,8	69,8	246,5	248,7
1981	99,6	92,0	72,7	264,3	258,3
1982	103,1	92,2	71,0	266,3	261,4
1983	136,9	76,0	70,7	283,6	268,1

Ing. PETRE DOBRESCU
1900—1985

Inginerul Petre Dobrescu a lucrat în ramura energiei electrice timp de 42 ani, din anul 1929 pînă în anul 1971. A urmat cursurile Universității din București, Facultatea de Științe, Institutul Electrotehnic, obținînd diploma de inginer electrician. A fost angajat ca inginer la Societatea Generală de Gaz și Electricitate (SGGE) din București în anul 1929 și repartizat să lucreze la uzina electrică Grozăvești, care era pe atunci cea mai mare centrală electrică din țară. Aici s-a ocupat de lucrările de exploatare și întreținere a instalațiilor mecanice și electrice.

Intrarea în funcțiune a cazanelor Lőffler de mare debit și înaltă presiune și a celor două grupuri turbo-generatoare înaintașe a fost eveniment de mare importanță pentru puterea instalată a uzinei Grozăvești, care a crescut de la 56 la 86 MW, consumurile specifice scăzînd de la 0,6 la 0,4 kg păcură pe kWh produsă.

Mărirea instalațiilor pentru producerea aburului și a grupurilor generatoare a antrenat în mod natural mărirea corespunzătoare a instalațiilor pentru primirea și depozitarea combustibilului lichid, a instalațiilor pentru apa de răcire a condensatoarelor și a instalațiilor electrice de transformare și conexiuni. Uzina electrică Grozăvești a fost înzestrată cu o cameră de comandă modernă, cuprinzînd instalațiile pentru supraveghere și control, măsurători și protecție, necesare unei bune funcționări în exploatare.

La toate aceste lucrări executate între anii 1930 — 1942, inginerul Petre Dobrescu și-a adus fără precupețire partea sa de contribuție.

În intervalul 1944— 1948 inginerul Petre Dobrescu a îndeplinit funcția de inginer șef de exploatare a Centralei electrice Grozăvești, activînd împreună cu colectivul unit de tehnicieni și muncitori al uzinei pentru buna funcționare a instalațiilor, în scopul acoperirii cererilor mereu crescînde de energie electrică.

În anul 1950 inginerul Petre Dobrescu a fost transferat la Ministerul Energiei Electrice, îndeplinind funcția de șef al Serviciului OCNT (Oficiul central pentru elaborarea normelor tehnice). În cadrul acestui serviciu, împreună cu un colectiv restrîns de ingineri și tehnicieni, a elaborat mai multe norme tehnice pentru exploatarea și întreținerea instalațiilor electrice.

După o scurtă activitate în acest domeniu, în anul 1951, inginerul Petre Dobrescu a fost transferat la Trustul Electromontaj, unde a lucrat pînă în anul 1966, chiar după pensionarea sa în 1961.

În timpul cît a lucrat la uzina Grozăvești, IREB, M.E.E. și TEM inginerul Petre Dobrescu a desfășurat o activitate deosebită pentru formarea de cadre, ținînd lecții la cursurile pentru calificare la locul de muncă, la cursurile pentru formare de maiștri și la cursurile pentru normatori.

Prin dispariția sa se pierde încă un specialist valoros, care a contribuit la începuturile perioadei moderne a energeticii românești.

СОДЕРЖАНИЕ

Нынешние задачи румынской энэргетики 433—436

Столетие румынской энергетики 437—439

АРСЕНЕ А. РЭДОЙ: **Комплексный групповой привод системы рудничного транспорта, типа ROM—BAND—A.R.—1** *(с изложением на английском языке)* 440—443

МОНИКА САВА: **Изменение эффективной высоты тяги башенных охладителей из-за конвекции в верхней части труб** *(с изложением на английском языке)* 444—446

МИРЧЯ РЭДУЛЕСКУ, КРИСТИАН ТОТОЛО, ЭМИЛ ТРИФА: **Результаты опытных исследований по работе котла 165 т/час с центробежными концентраторами для угольной пыли в ТЭЦ Орадя** 447—450

ГЕОРГЕ ОПРИШ: **Вопросы связанные с концепцией и решениями по механическому оборудованию ГЭС. I. Главное оборугование** 451—454

ТРАЯН-Г. ИОНЕСКУ, ЭУДЖЕНЮ ПАВЕЛ: **Нормализация низкого напряжения в распределении электроэнергии** *(с изложением на английском языке)* 455—463

ПАВЕЛ БУХУШ, ГЕОРГЕ КОМЭНЕСКУ: **Вопрос о сбережении энергии путём нормирования плотности тока в линиях электропередачи** 464—466

ИСТОРИЯ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ

РАДУ ЗАНЕ: **Краткая история электрических сетей в Румынии** 467—470

ПЕТРЕ БУЛИГИН: **Из истории Общества «Электрика» —80 лет деятельности** 470—473

СООБЩЕНИЯ ОТ РУМЫНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО КОМИТЕТА МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПО ВОПРОСАМ ЭНЕРГИИ 474—475

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ 476

INHALT

* * * **Die Aufgaben der rumänischen Energiewirtschaft zu ihrer Jahrhundertfeier** 433—436

* * * **100 Jahre rumänischer Energiewirtschaft** 437—439

ARSENE A. RĂDOI: **Hybride Stellantriebe für Gruben — Förderanlagen ROM — BAND — A.R. — 1** *(Darstellung in Englischer Sprache)* 440—443

MONICA SAVA: **Änderung der effektiven Zughöhe der Kühltürme durch Konvektion am Oberteil des Schornsteins** *(Darstellung in Englischer Sprache)* 444—446

MIRCEA RĂDULESCU, CRISTIAN TOLOTO, EMIL TRIFA: **Ergebnisse der Versuchsforschungen zum Betrieb der 165 t/h Dampf-Kessel in HKW Oradea mit Fliehkraft—Kohlenstaub — Konzentratoren** 447—450

GHEORGHE OPRIŞ: **Abwandlung des Konzeptes und der technischen Lösungen für die mechanischen Teile der Anlagen in Wasserkraftwerken. I. Das Hauptanteil** 451—454

TRAIAN-G. IONESCU, EUGENIU PAVEL: **Normierung der Niederspannungen bei der elektrischen Energieverteilung** *(Darstellung in Englischer Sprache)* 455—463

PAVEL BUHUŞ, GHEORGHE COMĂNESCU: **Zur Frage der Energieeinsparung durch Normierung der wirtschaftlichen Stromdichte auf den elektrischen Verteilungsleitungen** 464—466

DIE GESCHICHTE DER ELEKTRIFIZIERUNG

RADU ZANE: **Kurze Geschichte der Elektroenergienetze aus Rumänien** 467—470

PETRE BULIGHIN: **Aus der Geschichte der Gesellschaft "Electrica"—die 80 Jahrfeier seit ihrer Gründung** 470—473

VOM RUMÄNISCHEN NATIONALKOMITEE DER WELTENERGIEKONFERENZ 474—475

INFORMATIONS BULLETIN 476

SOMMAIRE

Les tâches de l'énergetique roumaine après un siècle d'existence 433—436

100 ans d'énergetique roumaine 437—439

ARSENE A. RĂDOI: **La commande hybride du système** (avec résumé en anglais) 440—443

MONICA SAVA: **Modification de l'hauteur effective de tirage des tours de réfrigération, à cause de la convection au haut de la cheminée** (avec résumé en anglais) 444—446

MIRCEA RĂDULECU, CRISTIAN TOTOLO, EMIL TRIFA: **Les résultats des recherches expérimentales sur le fonctionnement de la chaudière de 165 t/h de la centrale électro-thermique Oradea, à concentrateurs centrifugés de poussière de charbon** 447—450

GHEORGHE OPRIŞ: **L'évolution de la conception et des solutions concernant l'équipement mécanique des centrales hydroélectriques. I. Equipement principal** 451—454

TRAIAN-G. IONESCU, EUGENIU PAVEL: **Normalisation de la basse tension dans la distribution de l'énergie électrique** (avec présentation en anglais) 455—463

PAVEL BUHUŞ, GHEORGHE COMĂNESCU: **Sur l'économie d'énergie à l'aide de la normation de la densité économique du courant aux lignes électriques de distribution** 464—466

L'HISTORIQUE DE L'ÉLECTRIFICATION

RADU ZANE: **Un bref aperçu sur les réseaux électriques de Roumanie** 467—470

PETRE BULIGHIN: **80 ans dès le début de l'activité de la Société Electrica** 470—473

DU COMITÉ NATIONAL ROUMAIN DE LA CONFÉRANCE MONDIALE DE L'ENERGIE 474—475

BULLETIN INFORMATIV 479

SUMMARIES

The Romanian Energetics Tasks after a Hundred years' Existence 433—436

The Romanian Energetics Has Reached a Hundred years of Existence 437—439

D.C. 622.64 : 621.313.282

ARSENE A. RĂDOI: **The Hybride Drive of the Mining Transport System ROM-BAND—A.R.—1**

The paper presents a new mining transport system, desig"ned by the author himself, with hybrid drive (with horizon"tal line motor, with rotating synchnonons motor and by gravitation of sloping planes) that makes possible a substantial energy economy and the lowest specific cost for the coal and gangue transport in open-pit mining.

(Energetica 33 (1985), nr. 10, p. 440—443)

D.C. 621.311.22/ :621—714

MONICA SAVA: **The Alteration of the Effective High o Draught for the Cooling Towars as a Result of Convections in the Upper Shell**

The paper presents the research results obtained by the author concerning convection existing in the upper shell of the cooling tower. This phenomenon is responsible for the cool air penetration inside the tower, attaining the level of the cooling system, reducing the air temperature and hence, the draught. By using a perforated plate on the top of the tower this drawback can be diminished. The form of the tower is of great importance for the phenomenon; hyperbolic cooling towars are preferable to the cylindrical ones.

(Energetica 33 (1985), nr. 10, p. 444—446)

D.C. 621.311.22/23 :621.311.18

MIRCEA RĂDULESCU, CRISTIAN TOTOLO, EMIL TRIFA: **The Results of the Experimental Research Regarding the Performance of the 165 t/h Boiler with Coal Dust Centrifugal Concentrators at the Thermal Power Plant Oradea**

The paper presents the descriptions of the coal dust centrifugal concentrator with stationary (fixed, blades, the results of the performance tests carried out on the RO—165 boiler fitted with this type of concentrator and the conclusions wihc the author arrived at.

(Energetica 33 (1985), nr. 10, p. 447—450)

D.C. 621.311.002.5

GHEORGHE OPRIȘ: **The Development of the Conception and of the Solutions Regarding the Electric Power Plants Mechanical Equipment. I. The Main Equipment**

The paper deals with the way in which the solutions proposed by the Institute of Hydroelectric Studies and Design with regard to the hydroelectric plants main mechanical equipment have developed for 35 years since the moment of the Institute foundation. This force mechanical equipment has developed function of the turbine types: Pelton, Frovies, Kaplan, respectively function of other types of hydraulic engines: reversible and storage pumps.
For the achievements of peculiar importance the engines main characteristics are presented. The design conception guiding lines are pointed out: the typodimensions number reduction, the parameters ever increase, the use of constructive types that have been improved to keep pace with the world achievements in this field as well as with our specific demands.

(Energetica 33 (1985), nr. 10, p. 451—454)

CZ: 621.316.13.001.24 : 621.3.027.2

TRAIAN-G. IONESCU, EUGENIU PAVEL: **Normalization of Power Distribution Low Voltage**

The usage of 220/380 V as unique low-voltage in distribution networks has been achieved in Romania in the years 1976—1977, when the last 120/208 V electric networks of Bucharest were converted to 220/380 V.

The necessity of unifying the voltages in the electric power and usage networks up to 1000 V has been justified by the IEC and UNIPEDE which have made extensive studies on the basis of facilitating the international commercial exchanges and at the same time by the general trend of the world-wide standardization.

It is in the IEC' publication 38/1983 that it has been decided to adopt the voltage of 230/400 V $\pm$ 10% as a unique value as far as the domestic users are concerned and 400/690 V and 1000 V as voltages intended to the industrial pplicvations and to the large commercial buildings as well, the recommandation being to generalize the new values in a 20 years period.

Romania, as a member country to the IEC should take all the necessary steps in order to convert, the existing voltage of 220/280 V to the new value of 230/400 V.

Analyring the present conditions in our country, the authors arrive at the conclusion that this modification will not bring about serious drawbacks to the industrial, social-cultural and domestic users.

(Energetica 33 (1985), nr. 10, p. 455—463)

D.C. 621. 316.1 : 338. 062.219

PAVEL BUHUȘ, GHEORGHE COMĂNESCU: **Studies Regarding the Energy Saving by the Economical Current Density Standardization at the Distribution Lines**

The main stages and results of the researches accomplished in our contry in the last ten years regarding the economical current densities and the nethods used to establishe the number and the economic section of the phased wires or respectively, of the distribution lines circuits are presented An interesting confirmation, by some recent propositions made abroad, regarding the energy saving by the aluminium efficient utilization at the distribution lines has been received.

(Energetica 33 (1985), nr. 10, p. 464—466)

THE ELECTRIFICATION HISTORY

RADU ZANE: **A Short History of the Romanian Power Networks** 467—470

PETRE BULIGHIN: **80 Iears Since the Electrica Society Foundation. A Short History** 470—473

FROM THE ROMANIAN NATIONAL COMMITTEE OF THE WORLD ENERGY CONFERENCE 474—475

INFORMATION BULLETIN 476

COLEGIUL DE REDACȚIE

Președinte, redactor responsabil : **dr. ing. Călin Mihăileanu**
Redactori responsabili adjuncți : **dr. ing. Nicolae Armencoiu, dr. ing. Gheorghe Bălan**
Secretar de redacție : **dr. ing. Eugeniu Pavel**
Gestiune financiară : **ec. Gheorghe Ursache**

Orientări în energetică : **dr. ing. Mario Duma**
Energetica în unități economice : **ing. Ion Măiereanu**
Dezvoltarea sistemelor energetice : **dr. ing. George Manolescu**
Conducerea și automatica SE : **dr. ing. Victor Romert, dr. ing. Jean Constantinescu**
Centrale termoelectrice : **conf. dr. ing. Costin Moțoiu, ing. Romeo Zbarcea, dr. ing. Teodor Popa, ing. Horia Furtunescu**
Centrale hidroelectrice : **dr. ing. Gheorghe Luca**
Centrale nuclearoelectrice : **ing. Adrian Georgescu**
Rețele electrice : **ing. Dinu Voinea, ing. Nicolae Georgian**
Alimentare cu căldură : **ing. Nicolae Niculescu**
Surse și tehnologii noi : **dr. ing. Alexandru Florescu**
Tehnologii chimice în energetică. Poluare : **dr. chim. Maria Maftei**
Organizarea muncii : **ing. Miron Popescu, ing. Dan Iosifescu**
Istoria energeticii : **ing. Paul Cartianu**
Buletin informativ : **ing. Mihai Nistor, ing. Romulus Sfichi**

Centre universitare și industriale :
București : **conf. dr. ing. Alexandru Selischi**
Iași : **prof. dr. ing. Alexandru Poeată**
Timișoara : **prof. dr. ing. Viorel Negru**
Cluj : **conf. dr. ing. Silviu Darie**

Revista ENERGETICA este editată și administrată de Institutul de Cercetări și Modernizări Energetice prin Oficiul de Informare Documentară pentru Energetică : **Vasile Plești** (șef OIDE), **Ana Maria Chivu** (redactor).

Revista ENERGETICA este publicație lunară devotată preocupărilor spirituale și realizărilor materiale în domeniul energeticii.

În revista ENERGETICA se publică :

Articole

Informații referitoare la : publicații recente (cărți, reviste), noutăți științifice și tehnice, invenții și inovații, experiență de exploatare, realizări tehnice remarcabile, manifestări tehnico-științifice naționale și internaționale (congrese, conferințe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse : cronici, recenzii, discuții la articole publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuțiilor în jurul meselor rotunde.

Instituțiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01—BN R.S.R.

Fil. Sector 3. Costul unui abonament anual : 144 ; lei costul unui exemplar : 12 lei.

41 401

ANNOUNCEMENTS FOR READERS ABROAD

- **The review "Energetica" can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages**
- **The review "Energetica" proposes a publication exchange with similar reviews and in relating fields**
- **The review "Energetica" provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well**
- **The review "Energetica" publishes on request from authors abroad reports of energy or other materials : technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia, etc. written in one of the worldwide spoken languages**
- **Readers from abroad can subscribe through : ROMPRESFILATELIA—sectorul import-export PO. Box 12—501, telex 10376 prsfir, Calea Griviței nr. 64—66.**

Redacția și administrația : București 79619, Bd. Energeticienilor nr. 8, sect. 3
Telefon : 20.67.30, 21.46.30.

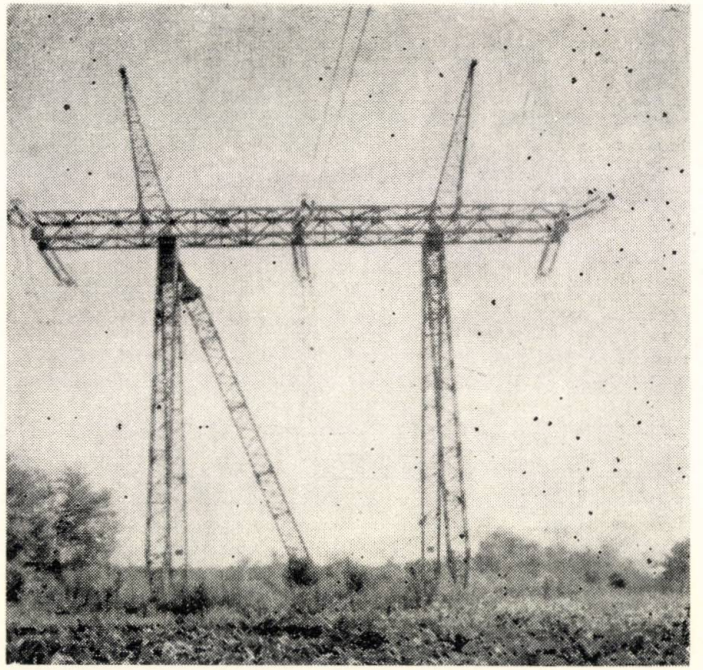
Tiparul : „Întreprinderea Poligrafică „Informația", București, str. Brezoianu 23—25, c. 1549

ENERGOIMPEX

Întreprindere de comerț exterior —SOFIA 1000,
căsuța poștală: 801; tel: 518867 Telex: 22660,
telegrame: ENERGOIMPEX

ENERGOIMPEX realizează:

- Importul și exportul de cărbeune, de energie electrică și de alte surse de energie;
- Livrarea de agregate și echipamente pentru energetica R. P. Bulgaria, pentru energetica țărilor socialiste și a altor țări;
- Cooperarea industrială și comercială în materie de energetică;
- Studii de specialitate;
  Elaborarea de proiecte cu profil energetic;
- Montaje în domeniul energetic;
- Exploatarea de centrale și stații electrice;
- Întreținerea instalațiilor și a agregatelor energetice în termenul de garanție și în afara acestuia;
- Linii electrice pînă la 750 kV și rețele electrice de distribuție;
- Stații electrice de înaltă, medie și joasă tensiune;
- Supervizarea lucrărilor cu profil energetic;
- Consulting în domeniul energetic.



ENERGOIMPEX

TRUSTUL ANTREPRIZA GENERALA DE
CONSTRUCTII HIDROENERGETICE BUCURESTI
STR DIMITRIE ONCIUL NR 23-25 TELEFON 355470
SECTOR 2 COD 70318 TELEX 10244 R

1986 JUN 1 91

A EXECUTAT

61 BARAJE de următoarele tipuri :

39 DE GREUTATE DIN BETON printre care
BICAZ H = 127 m ; volum beton = 1,6 mil m^3

13 DE BETON IN ARC printre care :
VIDRARU H = 166,6 m ; volum beton = 480 mii m^3

3 DE BETON CU CONTRAFORTI printre care :
POIANA UZULUI h = 80,5 m ; volum beton = 720 mii m^3

6 DE ANROCAMENTE printre care :
VIDRA H = 121 m ; volum anrocamente = 3,5 mil m^3

59 CENTRALE HIDROELECTRICE de tipul :

5 SUBTERANE printre care :
. LOTRU CIUNGET, P_i = 510 MW

24 BARAJE printre care :
. PORTILE DE FIER I, P_i = 1050 MW (partea Română)

23 DE DERIVATIE printre care :
. BICAZ, P_i = 210 MW

7 LA PICIORUL BARAJULUI printre care .
TARNITA, P_i = 45 MW

E 2039

Energie

MW

11

100 de ani de energetică românească

R 1986 APR 7

Cuprinsul

ADRIAN V. GHEORGHE, CRISTINA ZAHARESCU, MIHAIL V. STOICA, PETRE POSTOLACHE, MIRCEA EREMIA : Decizii multiatribut în implementarea calculatoarelor de proces în electroenergetică 481

MIHAI SEMEDREA, VASILE MIVU : Probleme de actualitate în proiectarea camerelor de comandă din termocentrale *(cu prezentare în limba engleză)* 486

MIRCEA RĂDULESCU, ION BOLMA : Evaluarea pierderilor prin ardere mecanică incompletă la cazane cu funcționare pe lignit, cu insuflare directă a aerului în focar *(cu prezentare în limba engleză)* 491

FLORIN ALEXE, ADRIAN RUIU : Soluții de eliminare a deficiențelor datorate scăderii presiunii aburului la priza urbană a turbinei DSL — 50 *(cu prezentare în limba engleză)* 497

ADRIAN OPRIȚOIU, ADELA GIRBU : Contribuții la calculul eficienței reale a proceselor de producere a energiei termice *(cu prezentare în limba engleză)* 501

ADRIAN RADU, IANCU HINCU, MIHAIL LUCA, CONSTANTIN HORGA, MARIA MAFTEI, CORNEL MOȚIU : Studiul dispersiei atmosferice de poluanți prin simulare în canal hidraulic 507

GHEORGHE BĂLAN, ALEXANDRU BLADA, CONSTANTIN RACOVEANU, GEORGE MANOLESCU : Aspecte ale dezvoltării energeticii nucleare 511

GHEORGHE OPRIȘ : Evoluția concepției și soluțiilor echipamentului mecanic al centralelor hidroelectrice. II. Echipamentul hidromecanic 518

DIN ISTORICUL ELECTRIFICĂRII

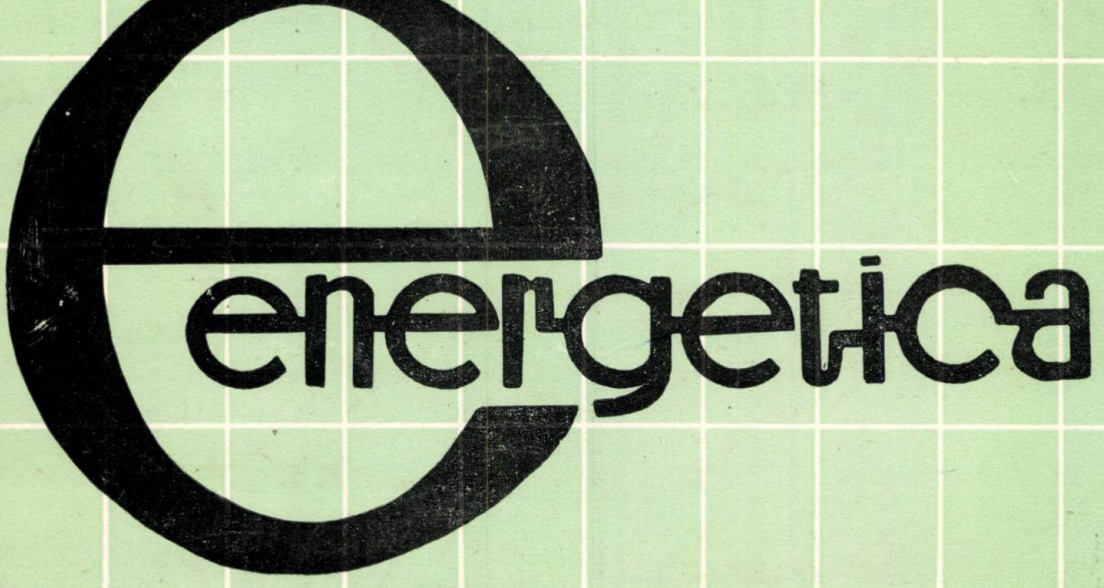
PAUL CARTIANU : 30 de ani de energetică nucleară 523

NOUTĂȚI TEHNICO — ȘTIINȚIFICE 552

VOLUMUL XXXIII

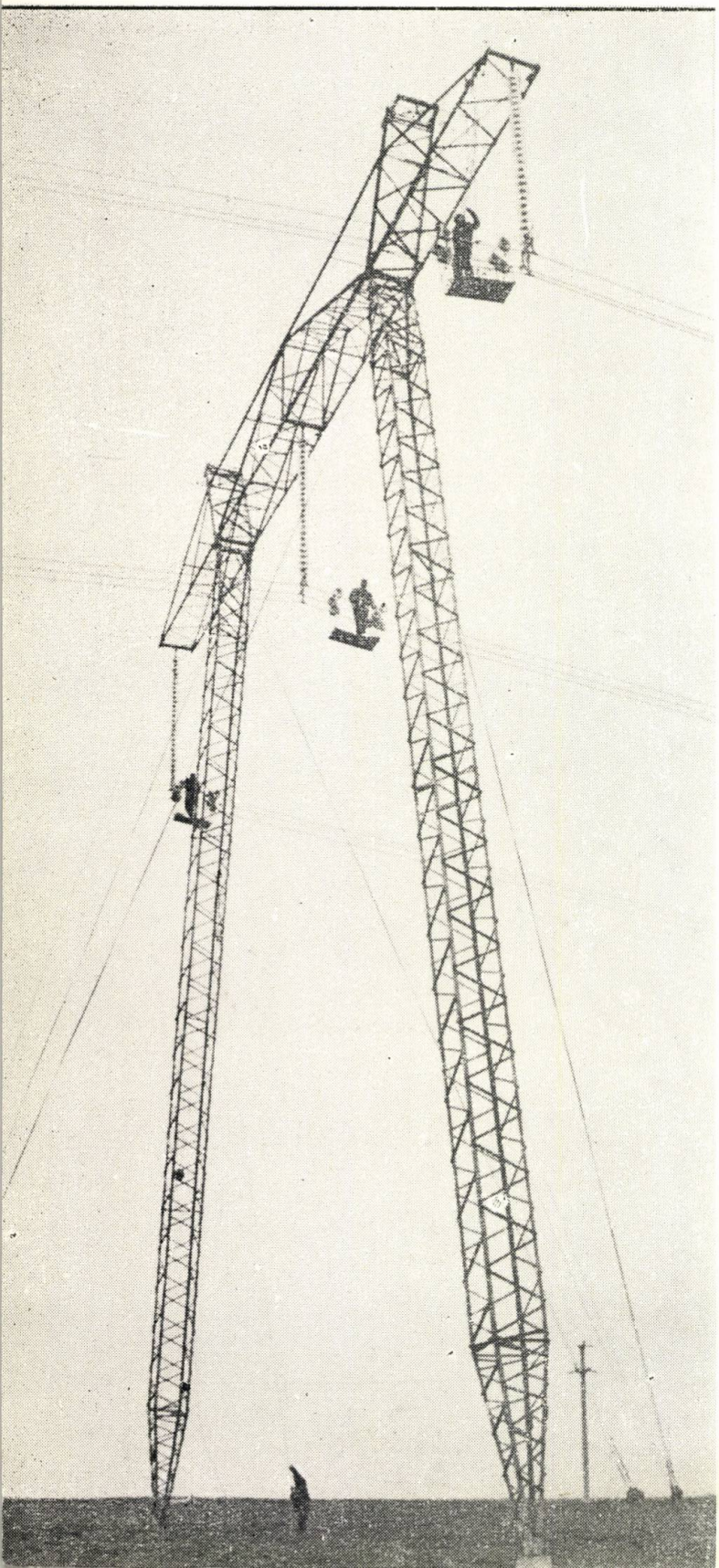
BUCUREȘTI

NOIEMBRIE 1985



T.A.G.-ELECTROMONTAJ

TRUSTUL ANTREPRIZA GENERALA "ELECTROMONTAJ"
Bucureşti, sect. 2, calea Moşilor nr. 158, telefon 16.63.30.



★ ★ ★

T. A. G. ELECTROMONTAJ execută prin unităţile sale de construcţii :

- linii electrice de foarte înaltă tensiune 220-750 kV ;
- linii electrice de înaltă şi medie tensiune 6-110 kV ;
- lucrări de joasă tensiune : iluminat de stadioane, de autostrăzi, de aeroporturi etc. ;
- linii electrice în cabluri subterane şi subfluviale de 1-110 kV ;
- staţii electrice de transformare şi conexiuni 1-750 kV ;
- posturi de transformare şi puncte de alimentare de orice tensiune şi putere.

★ ★ ★ ★

La executarea instalaţiilor electrice T. A. G. "Electromontaj" foloseşte procedee tehnologice moderne de mare productivitate, care conduc la durate scurte de execuţie şi la un înalt nivel calitativ al lucrărilor.

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

ANUL 33 Nr. 11 1985

Conducerea şi automatica SE

Decizii multiatribut în implementarea calculatoarelor de proces în electroenergetică

Dr. ing. Adrian V. Gheorghe, ing. Cristina Zaharescu, dr. ing. Mihail V. Stoica, ing. Petre Postolache, dr. ing. Mircea Eremia*

Introducere

Supravegherea şi conducerea operativă ale proceselor din energetică trebuie să răspundă unor cerinţe relativ severe pentru a asigura continuitatea funcţionării şi indici superiori de calitate ai energiei produse. Pentru a răspunde acestor condiţii se extinde utilizarea calculatoarelor cu funcţii de supraveghere, înregistrare şi control ale datelor (off-line), precum şi a celor cu funcţii de conducere a proceselor (on-line).

Principalele aspecte pe care le ridică conducerea integrată a unui sistem energetic sînt : supravegherea stării şi configuraţiei sistemului, calculul circulaţiilor de puteri, repartiţia optimă a sarcinilor, optimizarea pornirilor şi opririlor unităţilor din sistem, calculul rezervei turnate a sistemului, reglajul centralizat frecvenţă-putere activă şi tensiune-putere reactivă, coordonarea sistemelor de protecţie, planificarea transferurilor de energie, identificarea statistică a sistemului energetic.

În condiţiile implementării calculatoarelor electronice în scopul cibernetizării staţiilor electrice de transformare, metodele curente de analiză şi decizie (exemplu : metoda termenului de recuperare, metoda cheltuielilor totale anuale şi a celor actualizate) nu oferă suficientă credibilitate în vederea selectării alternativei optime. Complexitatea problemei reclamă o metodologie multicriterială în condiţii de risc şi incertitudine. În acest sens, lucrarea îşi propune o analiză multicriterială în scopul alegerii variantei optime de introducere a calculatorului de proces în vederea automatizării exploatării staţiilor electrice de transformare.

Decizii multiatribut şi funcţii de utilitate

Problematica deciziei cu obiective conflictuale multiple a căpătat o amplă extindere [1].

Decizia multiatribut se enunţă astfel : un decident trebuie să aleagă una din variantele $V_1, V_2, \ldots, V_m$, din fiecare din ele rezultînd o consecinţă ce poate fi descrisă cu ajutorul vectorului atributelor, $\underline{X}$. Consecinţele se notează cu $\underline{X} = (x_1, x_2, \ldots, x_n)$, în care x_i reprezintă un anumit nivel al atributului x_i, $i = 1,2, \ldots, n$. În măsura în care decidentul nu cunoaşte cu exactitate consecinţa rezultatului aplicării unei variante este necesară o codificare a preferinţelor lui. Rezultatul codificării îl constituie *funcţia de utilitate*. Funcţiile de utilitate pot fi uniatribut sau multiatribut.

Există mai multe atitudini de bază faţă de risc, ele avînd implicaţii asupra formei funcţiei de utilitate uniatribut. Un decident poate fi caracterizat ca fiind cu aversiune la risc, indiferent la risc sau cu preferinţă la risc. Considerînd cazul funcţiilor de utilitate monoton crescătoare, un decident este avers la risc dacă funcţia sa de utilitate este concavă, preferă riscul dacă funcţia sa de utilitate este convexă, sau este indiferent la risc dacă funcţia sa de utilitate este liniară. Funcţia de utilitate uniatribut, $u(x)$, arată dependenţa dintre diferitele niveluri ale atributului şi utilităţile corespunzătoare.

Funcţia de utilitate multiatribut se obţine printr-o agregare a funcţiilor de utilitate uniatribut (ex : $u(\underline{X}) = A_i\, u_i(x_i)$, unde A este un operator de agregare.

Funcţia de utilitate multiatribut poate fi multiplicativă sau aditivă. Forma multiplicativă a unei funcţii de utilitate multiatribut este :

$$u(x_1, \ldots, x_n) = \sum_{i=1}^{n} K_i\, u_i(x_i) + K \sum_{\substack{i=1 \\ j>i}}^{n} K_i K_j u_i(x_i) \cdot$$

$$\cdot u_j(x_j) + K^2 \sum_{\substack{i=1 \\ j>i, l>j}}^{n} K_i K_j K_l u_i(x_i) u_j(x_j) u_l(x_1) +$$

$$\ldots + K^{n-1} K_1 K_2 \ldots K_n u_1(x_1) u_2(x_2) \ldots u_n(x_n),$$

* Conf. dr. ing. Adrian Gheorghe şi as. dr. ing. Mihai Stoica sînt cadre didactice la Catedra de organizare şi conducere industrială din Institutul Politehnic Bucureşti.

Ing. Cristina Zaharescu este cercetător la ICPE

S.l. ing. Petre Postolache şi ş.l. dr. ing. Mircea Eremia sînt cadre didactice la Catedra de reţele electrice din Institutul Politehnic Bucureşti.

unde :

$u_i(x_i)$ reprezintă funcția de utilitate uniatribut pentru atributul x_i ;

K_i — constanta de scală asociată atributului x_i, $i = 1,2 \ldots, n$;

K — factor de scală reprezentînd soluția ecuației $1 + K = \prod_{i=1}^{n} (1 + KK_i)$.

Forma aditivă a funcției de utilitate multiatribut este :

$$u(x_1, x_2, \ldots, x_n) = \sum_{i=1}^{n} K_i \, u_i \, (x_i).$$

Schema logică a alegerii variantei optime în urma analizei multiatribut în condiții de risc și incertitudine este dată în figura 1.

În continuare modelul de mai sus se va aplica la proiectarea optimă a automatizării și cibernetizării stațiilor de transformare din cadrul sistemului electroenergetic (fig. 2).

Conducerea și deservirea operativă a stațiilor de transformare din SEN, utilizînd sisteme cu structură microprogramabilă

În condițiile creșterii exigențelor SEN în asigurarea alimentării cu energie electrică, apare tot mai evidentă dificultatea conducerii și deservirii operative bazate doar pe posibilitățile de percepție și rezoluție empirică.

Această stare de fapt poate fi eliminată prin utilizarea unui sistem integrat, care să permită informarea operativă a dispecerului, telecomanda și înregistrarea datelor referitoare la funcționarea instalațiilor existente în stații.

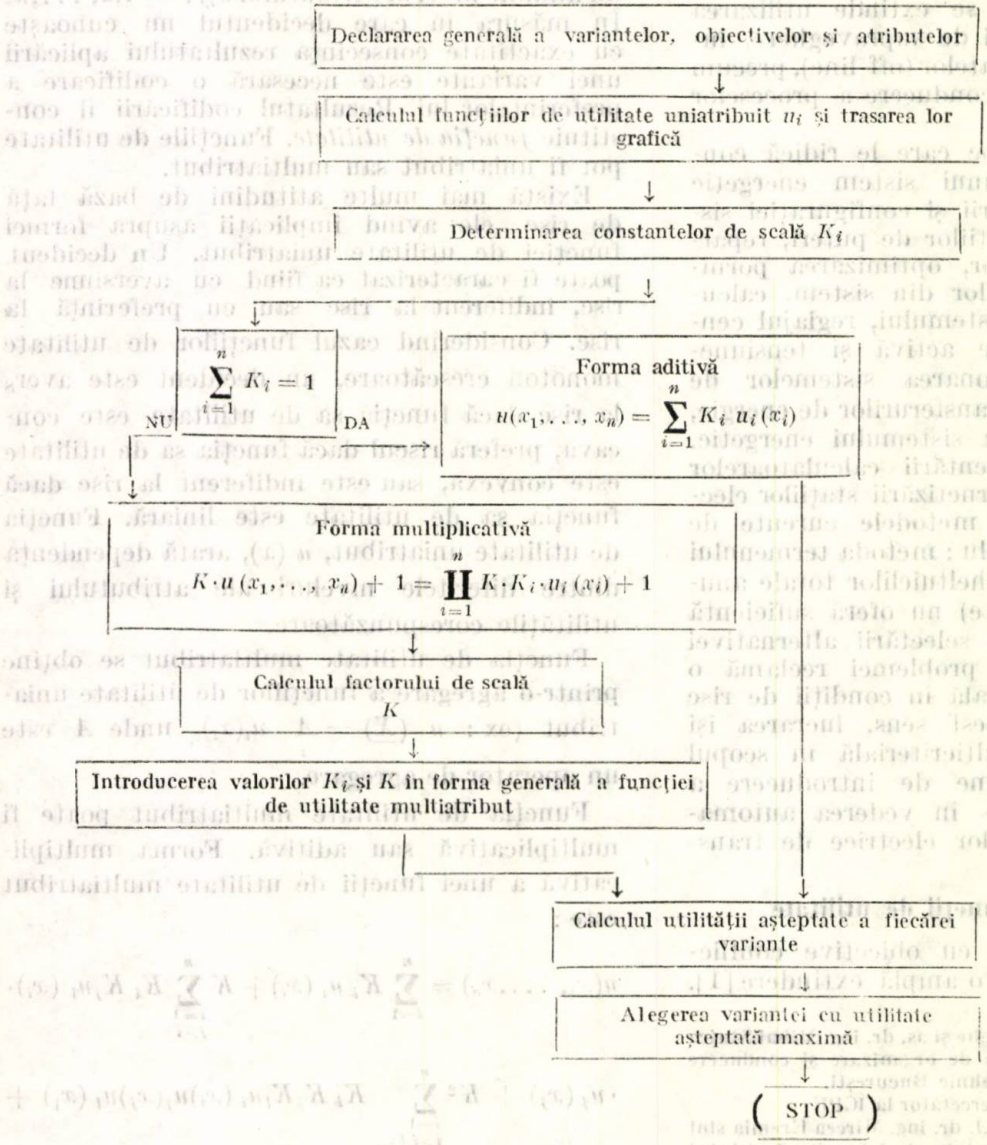


Fig. 1

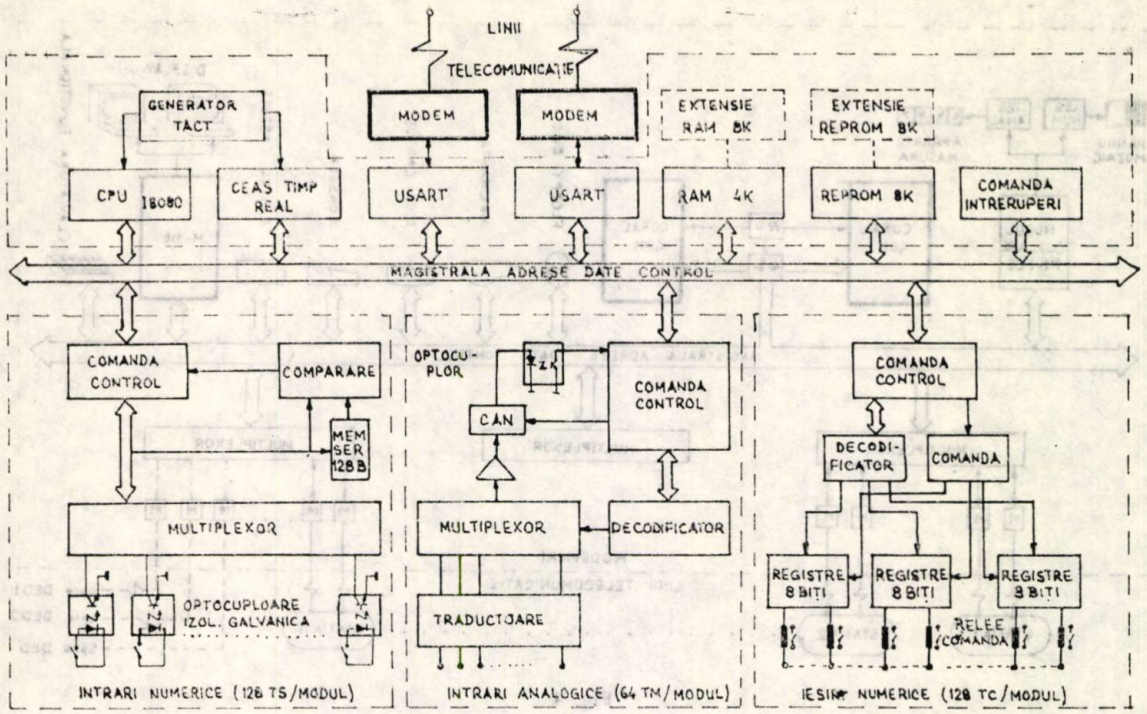


Fig. 2

Sistemul cuprinde echipamente ce se bazează pe o logică programabilă care face posibilă:

— deservirea operativă și în condiții de fiabilitate ridicată a celor ce decid în conducerea operativă a instalațiilor energetice;

— diminuarea riscurilor de pierdere a informației datorită posibilităților de memorare locală;

— reducerea volumului de date transmise, prin posibilitatea de elaborare locală a dispozițiilor pe baza unor informații sintetice prelucrate;

— îmbunătățirea preciziei și reducerea gradului de erori.

Pentru atingerea unui nivel maxim de siguranță în funcționare, sistemele de calcul sînt dublate la nivel de dispecer. În cazul unui defect hardware se asigură în mod automat comutarea controlului rețelei pe calculatorul de rezervă care, în momentele de așteptare, își găsește aplicații în simulări, calcule de regimuri, fapt ce justifică pe deplin opțiunea de dublare.

În acest sens, în cadrul IEIRIEDEET—Suceava s-a experimentat un prim sistem de conducere cu microcalculatorul M—18 (fig. 3). Interfețele specializate ce asigură legăturile cu procesul au fost realizate de Institutul Politehnic din București.

Inițial, experimentul s-a limitat la culegerea de informații și tratarea lor local în stația Suceava. Configurația corespunzătoare este prezentată în figura 4 și cuprinde: 36 telesemnalizări (TS), din care 28 sînt pe partea de 110 kV,

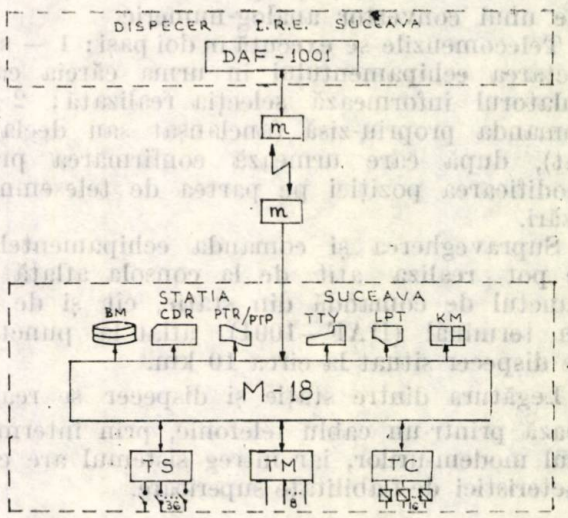


Fig. 3

iar 8 sînt pe partea de 20 kV; 8 telemăsurări (TM) pentru tensiuni, curenți și puteri; 16 telecomenzi (TC) pentru 8 echipamente (8 anclanșări și 8 declanșări). Telesemnalizările și telemăsurările se pot afișa la cerere sau programat, la intervale prestabilite de timp. Toate cererile și afișările se fac pe consolă cu afișarea timpului. În momentul apariției unei modificări la echipamentul primar, aceasta apare imediat, avertizînd operatorul. Informarea apare repetat pînă cînd operatorul confirmă calculatorului luarea la cunoștință, anulînd reapariția ei. Telemăsurile se

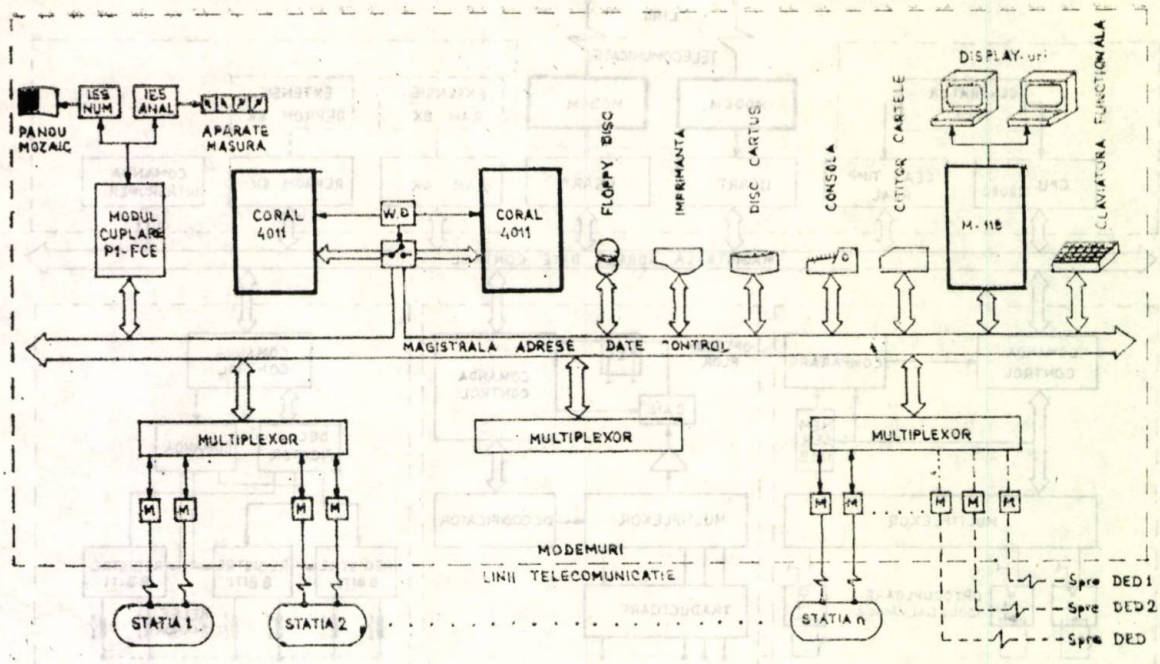


Fig. 4

culeg prin intermediul traductoarelor și se aplică la 8 intrări (multiplexate de calculator) ale unui convertor analog-numeric.

Telecomenzile se execută în doi pași: 1 — selectarea echipamentului în urma căreia calculatorul informează selecția realizată; 2 — comanda propriu-zisă (anclanșat sau declanșat), după care urmează confirmarea prin modificarea poziției pe partea de telesemnalizări.

Supravegherea și comanda echipamentelor se pot realiza atît de la consola aflată la punctul de comandă din stație, cît și de la un terminal (DAF—1001) aflat la punctul de dispecer situat la circa 10 km.

Legătura dintre stație și dispecer se realizează printr-un cablu telefonic, prin intermediul modem-urilor, iar întreg sistemul are caracteristici de fiabilitate superioare.

Decizii multiatribut privind dotarea cibernetică a sistemelor de teleconducere în SEN

Soluționarea problemelor legate de reducerea numărului și duratei întreruperilor în alimentarea consumatorilor, reducerea personalului de deservire operativă din stațiile de transformare pe linia creșterii productivității muncii este posibilă prin modernizarea mijloacelor de conducere și exploatare a instalațiilor electrice de distribuție cu ajutorul sistemelor bazate pe o logică programabilă.

Variantele de automatizare și cibernetizare a exploatării stațiilor electrice de transformare în condițiile introducerii microelectroniciii sînt următoarele:

Varianta 1: Calculatorul funcționează off-line, adică îndeplinește funcțiile de supraveghere, înregistrarea și controlul datelor.

Varianta 2: Calculatorul funcționează on-line, adică are funcții de conducere a proceselor.

Principalele cerințe ale sistemului de teleconducere sînt:

1 — siguranță deosebită în funcționare, măsură realizabilă prin fiabilitatea crescută a echipamentului;

2 — nivel înalt de prelucrare și sintetizare a informațiilor, avînd în vedere disproporția dintre volumul foarte mare al acestora și posibilitățile de receptare a acestora de către operatorul uman;

3 — viteză mare de prelucrare a informațiilor;

4 — uniformitate și standardizare a echipamentelor în scopul înlesnirii activității de întreținere — exploatare;

5 — viteză mare de transmitere a informațiilor;

6 — deservirea sistemului de teleconducere de către un personal cu înaltă calificare, cerință impusă de caracteristicile echipamentelor moderne de teleconducere.

Ținînd cont de aceste cerințe, se pot enunța șase obiective (criterii) în cadrul metodologic general al analizei deciziilor multicriteriale.

Fiecărui obiectiv i se asociază un atribut sau măsură de eficiență care trebuie să caracterizeze cît mai fidel obiectivul (tabelul 1).

La prima vedere ar părea normal ca primului obiectiv (i.e. siguranța în funcționare), să i se asocieze un atribut legat de fiabilitatea echipamentelor, de exemplu „numărul de ore de funcționare neîntreruptă, fără defect". Atunci însă acest atribut ar depinde nu numai de sistemul de teleconducere, ci și de probabilitatea de avarie a echipamentelor energetice din stație. Se alege astfel atributul *„număr de manevre greșite pe an"*.

Următoarea etapă, după stabilirea obiectivelor și a atributelor aferente lor, constă în determinarea funcțiilor de utilitate uniatribut. În acest scop, utilizînd tehnica interviului, s-au determinat limitele de variație ale atributelor (tabelul 2) și funcțiile de utilitate uniatribut.

Procedeul de intervievare este expus în etape în cadrul programului interactiv POINTS. Trasarea funcțiilor de utilitate uniatribut pentru ambele variante s-a efectuat cu programul utilitar GUS (Graphic Utility System) [4].

Următoarea etapă constă în determinarea constantelor de scală K_i, $i = 1,2, \ldots, 6$,; aceasta se face ordonînd mărimile K_i, apoi aflînd valorile celorlalte constante de scală utilizînd un procedeu de normalizare. Calculul constantelor de scală K_i se efectuează cu ajutorul programului DESIGNKI. S-au obținut următoarele valori, pentru cele două variante analizate (tabelul 3).

Tabelul 1

Obiective	Atribute
Maximizarea siguranței în funcționare	x_1 = număr de manevre greșite pe an
Maximizarea gradului de sintetizare a informațiilor	x_2 = procent de informații utile din totalul informațiilor
Maximizarea operativității	x_3 = viteză de luare a deciziilor
Maximizarea tipizării echipamentelor	x_4 = timp de școlarizare pentru echipele de întreținere
Maximizarea eficienței informatice	x_5 = timpul în care este informat dispecerul
Maximizarea gradului de pregătire a personalului	x_6 = procent de personal cu înaltă calificare din totalul personalului

Se observă că pentru ambele variante $\sum_{i=1}^{6} K_i \neq 1$, deci se aplică forma multiplicativă a funcției de utilitate multiatribut:

$$K\,u(x_1, x_2, \ldots, x_6) + 1 = \prod_{i=1}^{6} [K K_i u_i(x_i) + 1].$$

Tabelul 2

Atribut	Varianta 1	Varianta 2
x_1	10—30 greșeli/an	0—5 greșeli/an
x_2	10—90(%)	90—100 (%)
x_3	10—15 minute	2—3 minute
x_4	1—3 luni	3—6 luni
x_5	20—40 secunde	10—20 secunde
x_6	20—40 (%)	40—80 (%)

Tabelul 3

K_i	Varianta 1	Varianta 2
K_1	0,7	0,8
K_2	0,23	0,4
K_3	0,35	0,56
K_4	0,49	0,68
K_5	0,17	0,38
K_6	0,61	0,72
$\sum_{i=1}^{6} K_i$	2,55	3,54

Valoarea lui K se determină evaluind în forma multiplicativă nivelurile cele mai dorite ale atributelor x_i. Ecuația capătă forma:

$$K + 1 = (KK_1 + 1)(KK_2 + 1) \ldots (KK_6 + 1).$$

Înlocuind valorile K_i, $i = 1,2, \ldots, 6$ din cele două variante în ecuația de mai sus, se obțin:

Varianta 1:

$$K + 1 = (0{,}7K + 1)(0{,}23K + 1)(0{,}35K + 1)(0{,}49K + 1)(0{,}17K + 1)(0{,}61K + 1)$$

sau:

$$0{,}0024K^6 + 0{,}05K^5 + 0{,}37K^4 + 1{,}344K^3 + 2{,}59K^2 + 1{,}55K = 0.$$

Varianta 2:

$$K + 1 = (0{,}8K + 1)(0{,}4K + 1)(0{,}56K + 1)(0{,}68K + 1)(0{,}38K + 1)(0{,}72K + 1),$$

sau:

$$0{,}0331K^6 + 0{,}3664K^5 + 1{,}6574K^4 + 3{,}9268K^3 + 5{,}1454K^2 + 2{,}54K = 0.$$

Evaluînd iterativ cele două ecuații de gradul șase, algoritmul converge spre valoarea

adevărată a lui K. Pentru calculul factorului K s-a elaborat programul RIGHT K, valorile obținute pentru cele două variante analizate fiind :

$$K_{varianta\ 1} = -0{,}97112;$$
$$K_{varianta\ 2} = -0{,}99720.$$

Etapa următoare constă în introducerea valorilor constantelor de scală K_i și a factorului K în forma generală a funcției de utilitate multiatribut, în scopul calculului utilității așteptate a fiecărei variante. În cazul variantei 1 se obține $u(x_1, \ldots, x_6) = 0{,}759$, iar în cazul variantei 2, $u(x_1, \ldots, x_6) = 0{,}764$. Selectarea variantei optime se face pe criteriul maximei utilități așteptate. Rezultă ca optimă varianta 2.

Concluzii

Rezultatul obținut în urma analizei și deciziei multicriteriale evidențiază faptul că echipamentul de calcul conduce procesul, aducînd ansamblul valorilor atributelor mai aproape de obiectivele enunțate, cu preponderență asupra maximizării siguranței în funcționare.

Bibliografie

[1] Keeney, R., Raiffa, H. *Decision Analysis with Multiple Conflicting Objectives. Preferences and Value Tradeoff*, John Wiley & Sons, New York, 1980.

[2] Buchring, W., Foell, W. Keeney, R. *Energy Environment Management .Application of Decision Analysis*, IIASA, RR — 76 — 14, May 1976.

[3] *** *Studiu privind teleconducerea stațiilor electrice de transformare*, IRE Suceava, 1980.

[4] Zaharescu C. — *Metodologia complexă de analiză și decizie privind automatizarea stațiilor electrice de înaltă tensiune*. Raport, Institutul politehnic București, 1982.

(Primit la 26 iunie 1985, acceptat la 7 octombrie 1995)

Centrale termoelectrice

Probleme de actualitate în proiectarea camerelor de comandă din termocentrale

Ing. Mihai Semedrea, ing. Vasile Mivu *

Current Problems in the Thermal Power Plants Switch Rooms Design

(Condensed from the paper in Romanian)

In the last decade important developments have taken place in the thermal power plants switch rooms organization, developments that have been determined by the microprocessors based electronic computing equipment. The automation degree has increased, the signals numbers provided for the operative system has been reduced and the equipments laying out has been changed. The operators role has also changed. The paper presents the main current aspects relating to the technological switch rooms design. The development design and the lay out of the thermal power plant, the operative system organization and some specific problems of carrying out are analysed. Some significant solutions are also presented.

În proiectarea camerelor de comandă din termocentrale au avut loc în ultimii 10 ani evoluții importante, care au asigurat un mare salt calitativ și permit creșterea spectaculoasă a eficienței conducerii operative. Aceste evoluții au fost posibile datorită apariției echipamentelor electronice de calcul cu microprocesoare. S-au impus noi principii de organizare pentru conturul operativ, complet diferite de cele vechi și a crescut substanțial gradul de automatizare, în special în domeniul supravegherii proceselor.

Trecerea de la vechile soluții la cele noi se face treptat și aduce în actualitate o serie de aspecte : concepția generală, amplasarea camerelor de comandă, organizarea contururilor operative, probleme de ambianță, alegerea soluțiilor intermediare etc. În cele ce urmează vor fi abordate cîteva dintre cele mai importante probleme, urmărind în special soluțiile semnificative date în țară și pe plan internațional.

1. Evoluția concepției generale privind conducerea operativă

Pînă către sfîrșitul deceniului opt concepția de organizare a conducerii operative a termocentralelor s-a caracterizat, în principal, printr-un înalt grad de centralizare în camerele de comandă a operațiilor de conducere operativă. Gradul de automatizare s-a situat, în cele mai multe cazuri, la un nivel mediu, fiind avansat în domeniul comenzilor și reglării. În domeniul supravegherii, gradul de automatizare era cel mai scăzut.

* Ing. Mihai Semedrea și ing. Vasile Mivu — proiectanți principali la I.S.P.E.

În cadrul acestei concepții convenționale, informațiile analogice sau binare sînt aduse în conturul operativ *în paralel*, *simultan* și sînt menținute *permanent*. Rezultă un număr mare de semnale grupate pe pupitre și panouri, formînd contururi relativ lungi. În aceste condiții conducerea din camera de comandă devine dificilă, mai ales la blocurile de mare putere pe lignit (peste 300 MW), deoarece operatorii trebuie să efectueze în timp scurt un număr mare de operații de selecție și interpretare a informațiilor existente.

Începînd din anii 1975—1976 majoritatea furnizorilor de instalații de automatizare au trecut la elaborarea unei concepții calitativ noi, capabile să depășească dificultățile întîmpinate de concepția convențională, concepție care, așa cum s-a constatat [2], a ajuns la limita posibilităților sale obiective.

Soluțiile date se caracterizează ,în general, prin următoarele :

— marea majoritate a informațiilor este prezentată operatorilor pe ecrane catodice și grupată funcțional (pe criterii tehnologice);

— informațiile sînt aduse în conturul operativ *serial*, sînt organizate *ierarhic* și sînt prezentate *selectiv*; un număr redus de parametri și semnalizări este dublat cu aparatură clasică (individuală);

— contururile operative se reduc mult ca dimensiuni și se dezvoltă în adîncime (apar două sau trei niveluri de ierarhizare a conducerii).

Odată cu aceste modificări spectaculoase în organizarea camerelor de comandă sînt introduse și alte elemente noi în instalațiile de automatizare ca, de exemplu : utilizarea echipamentelor cu program memorat, introducerea magistralelor seriale pentru transmiterea informațiilor. În general, se remarcă o creștere generală a gradului de automatizare, în special în domeniul supravegherii procesului tehnologic.

De la început se desprinde și o constatare generală : introducerea noilor soluții este însoțită și de o omogenizare ,de apropierea concepțiilor de automatizare a conducerii operative în diverse țări, atît la nivelul soluțiilor de principiu, cît și în privința echipamentelor, a modului de lucru, a documentațiilor și chiar a terminologiei și simbolurilor utilizate.

2. Amplasarea camerelor de comandă

Alegerea amplasamentelor pentru camerele de comandă tehnologică aferente echipamentelor din clădirea principală și pentru celelalte camere de comandă ale instalațiilor auxiliare (gospodării de combustibil solid, tratarea chimică a apei, instalații hidrotehnice) a fost determinată de două condiții principale, și anume: scurtarea legăturilor în cabluri între camere de comandă și instalațiile conduse și asigurarea unor legături operative, convenabile pentru personalul de exploatare, spre principalele agregate și instalații. O condiție foarte importantă este și plasarea camerei de comandă (contururile operative și neoperative) față de stațiile electrice de servicii proprii, deoarece o mare parte din legăturile în cabluri sînt între conturul neoperativ al camerelor de comandă, echipamentele de automatizare și stații. La clădirea principală numărul cablurilor spre stații este de aproximativ 50 % din total, iar la unele instalații auxiliare este chiar mai mare (85—90% la gospodăriile de cărbune).

Pentru satisfacerea acestor condiții au fost alese amplasamente în centrul de greutate al instalațiilor, de regulă în imediata vecinătate a stațiilor electrice de servicii proprii.

În cazul echipamentelor din clădirea principală soluția cea mai răspîndită în țară și în străinătate constă în realizarea unei camere de comandă tehnologică (CCT) pentru două unități (blocuri); această cameră de comandă este amplasată, de regulă, în corpul intermediar (între șirurile de stîlpi B și C) la cota de serviciu a turboagregatelor. Spațiile auxiliare ale acestor camere de comandă, în care se găsesc echipamentele de automatizare neoperative, sînt amplasate în funcție de condițiile concrete ale fiecărei centrale, fie la aceeași cotă, fie sub conturul operativ ; sînt și cazuri de amplasare a contururilor neoperative deasupra conturului operativ.

În figura 1 sînt date cîteva exemple de amplasare a CCT. În unele cazuri s-au dat și alte soluții. De exemplu, la CTE Luduș, centrală utilizînd gaze naturale, unde nu există un corp intermediar ca la centralele pe cărbune sau ca în cazul unor centrale de termoficare — București-Sud, CCT s-a putut amplasa între cazane; amplasamentul este avantajos din punctul de vedere al legăturilor în cabluri spre cazane și avînd în vedere scurtarea conductelor de înaltă presiune între cazane și sala mașinilor (fig. 1.1.). La termocentralele cu două cazane pe bloc pe lîngă soluția clasică (fig. 1.2; 1.3.) s-au dat și soluții cu o cameră de comandă separată pe fiecare bloc ; soluția este avantajoasă pentru utilizarea spațiului în corpul intermediar și în unele cazuri singura recomandabilă (trasee de conducte, organizarea camerei de comandă etc.).

Se cunosc și cazuri, mai puține, de amplasare a camerei de comandă lateral (fig. 1.4.). Soluția este foarte avantajoasă pentru partea termomecanică prin scurtarea traseului cazan-turbină și se generalizează, în prezent, la blocurile de mare putere (peste 500 MW) și la centralele nucleroelectrice.

În viitor, pe măsura creșterii gradului de automatizare și prin reducerea numărului cablurilor între CCT și agregatele principale, se vor impune amplasări în afara centrului de greutate al instalațiilor termomecanice. Pe lîngă avantajele menționate, aceste amplasamente vor beneficia, în plus față de soluțiile

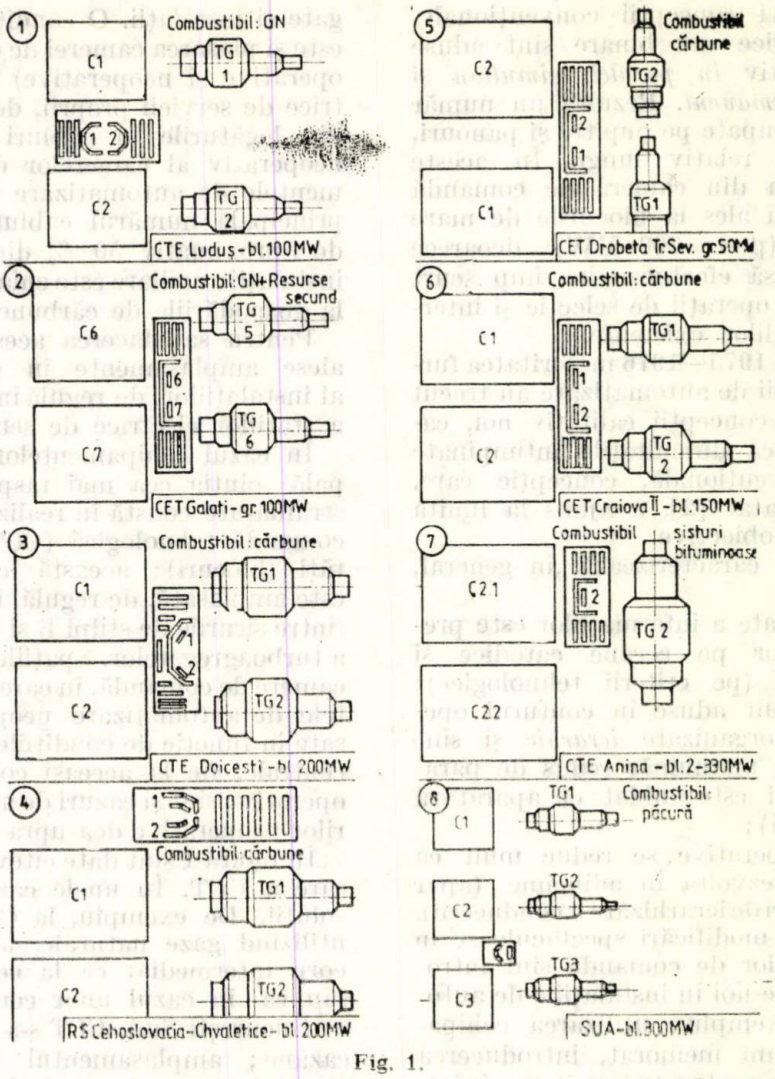


Fig. 1.

actuale, de spaţii mai uşor de organizat şi condiţii de mediu mai bune.

În afara soluţiilor menţionate, au mai apărut dar numai izolat, şi amplasarea contururilor operative pentru mai multe blocuri pe frontul fix (fig. 1.4.), sau realizarea unui contur operativ comun pentru trei blocuri (fig. 1.8.).

Se observă că, pe lingă condiţiile expuse mai sus, există şi o serie de alte aspecte ce pot influenţa alegerea amplasamentelor. De exemplu: orientarea turboagregatelor în sala maşinilor, transversal sau longitudinal, sau gradul de automatizare.

În ultimul timp au apărut şi alte amplamente, în special la blocurile de foarte mare putere, ca, de exemplu, realizarea unei camere de comandă pentru două blocuri la şirul A (în exteriorul clădirii principale) sau chiar a unei singure camere de comandă pentru mai multe blocuri în exteriorul clădirii principale. În acest caz clădirea principală nu mai are un corp intermediar (între cazane şi sala maşinilor), iar buncărele de cărbune sînt plasate în spatele cazanelor.

3. Organizarea conturului operativ

Camera de comandă se organizează respectînd cerinţele impuse de funcţiunile care îi sînt atribuite, cea mai importantă fiind aceea de conducere a procesului tehnologic de către un operator uman, ca avîndu-şi locul bine stabilit în ierarhia conducerii centralei electrice (fig. 2).

Echipamentele de automatizare din camerele de comandă tehnologice (clădirea principală) sînt repartizate în două spaţii distincte: conturul operativ şi spaţiile neoperative. În conturul operativ sînt grupate pupitrele şi panourile şi alte aparate care asigură interfaţa operativă (fig. 3) a sistemului de automatizare. Aceste echipamente asigură conducerea centralizată a instalaţiilor de către personalul operativ (termomecanici şi electricieni) în toate fazele de exploatare. Echipamentele de automatizare din spaţiile neoperative sînt accesibile numai personalului de specialitate de întreţinere.

Organizarea conturului operativ este determinată de concepţia de automatizare, nivelul tehnic al mijloacelor disponibile şi, argument

netehnic, dar cu multă greutate în practică, de tradiție și experiență. Elementul central al conturului operativ este pupitrul de comandă ; în spatele pupitrului și eventual lateral se amplasează panouri cu aparate de măsură sau

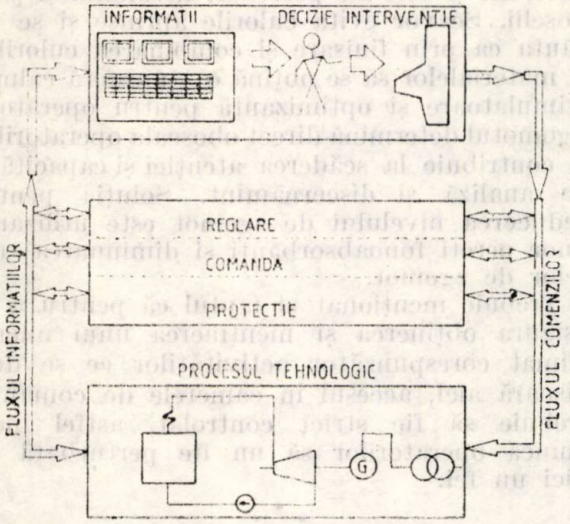


Fig. 2.

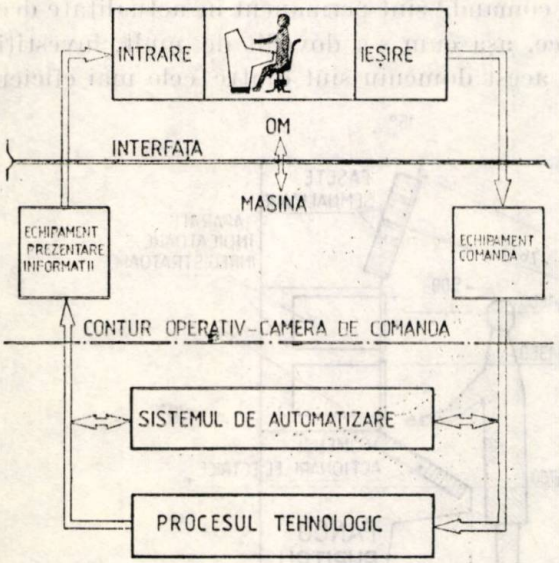


Fig. 3.

elemente de comandă. Pe pupitre elementele de comandă ocupă partea orizontală, partea verticală fiind rezervată pentru aparatele indicatoare, semnalizări sau tuburi catodice. Uneori, pe partea verticală s-au plasat și elementele de comandă ale regulatoarelor. De regulă, amplasarea elementelor pe pupitru se face după criterii tehnologice, de la stînga spre dreapta, în următoarea ordine : cazan, alimentare cu apă, turbină, generator. În camerele de comandă cu două blocuri se respectă regula realizării identice a celor două contururi „prin translație", avînd totdeauna cazanul la stînga și generatorul spre dreapta. În spatele pupitrelor se găsesc panourile cu aparate (în majoritatea cazurilor aparate înregistratoare).

Aceasta este soluția clasică, aplicată pe larg și la termocentralele din țară. S-au realizat uneori și camere de comandă cu panouri-pupitre (în țara noastră numai pentru unitățile de 50 MW).

Trecerea spre noile soluții de organizare a camerelor de comandă tehnologice se face treptat. Un prim pas este apariția, alături de aparatura și pupitrele clasice obișnuite, a ecranelor catodice (display-uri) ale echipamentelor de calcul. Amplasarea acestora se poate face sau lateral față de pupitru, soluție aplicată în special cînd soluțiile clasice merg în paralel cu noile elemente seriale, sau prin integrarea display-urilor în pupitrele de comandă. Această ultimă soluție se impune în special atunci cînd display-urile înlocuiesc o serie de aparate indicatoare individuale existente în soluția clasică. S-au dat uneori și alte soluții de amplasare a display-urilor ca, de exemplu, suspendarea deasupra pupitrelor de comandă sau în spatele pupitrelor, pe construcție metalică specială pentru integrarea display-urilor [3].

În cazul soluțiilor mai evoluate pentru conducerea permanentă în cadrul regimurilor normale în funcționare se prevede un pupitru redus ca dimensiuni, cu 3—4 display-uri și un număr redus de comenzi și aparate indicatoare obișnuite, individuale, pentru parametrii foarte importanți. Se includ în acest pupitru și elementele de reglare utilizate în mod frecvent în timpul exploatării în sarcină a blocului. Separat, se realizează un contur de panouri cu comenzi și reglaje individuale, de unde se realizează conducerea la pornire și în unele cazuri de funcționare în regimuri anormale : aruncarea sarcinii blocului, opriri forțate etc. [4,5].

4. Soluții în camerele de comandă

Un aspect care preocupă pe toți proiectanții camerelor de comandă este alegerea celor mai potrivite metode de prezentare a informațiilor [1]. În ultimul timp se utilizează și aparate indicatoare numerice, soluție foarte avantajoasă ca precizie, dar care nu oferă operatorului o imagine intuitivă a situației (domeniul în care se află, tendințe etc.). Din acest motiv indicatoarele numerice se folosesc numai pentru un număr redus de parametri, ca, de exemplu : turație turbină, mori, temperaturi abur viu.

Un alt aspect ce trebuie avut în vedere este amplasarea optimă a aparatelor. Trebuie să se țină seama de unghiul vizual maximal $\pm 30°$ pe orizontală și $\pm 15°$ pe verticală, iar amplasarea aparatelor utilizate pentru o anumită operație de conducere este bine să se facă ținînd seama de această condiție (fig. 4).

În figura 5 se prezintă cîteva dintre elementele cele mai importante ce se iau în conside-

rație la proiectarea echipamentelor din conturul operativ (unghiuri, distanțe).

O importanță deosebită pentru randamentul operatorilor îl au și factorii de ambianță. Deși s-a dovedit că omul, în general, se poate

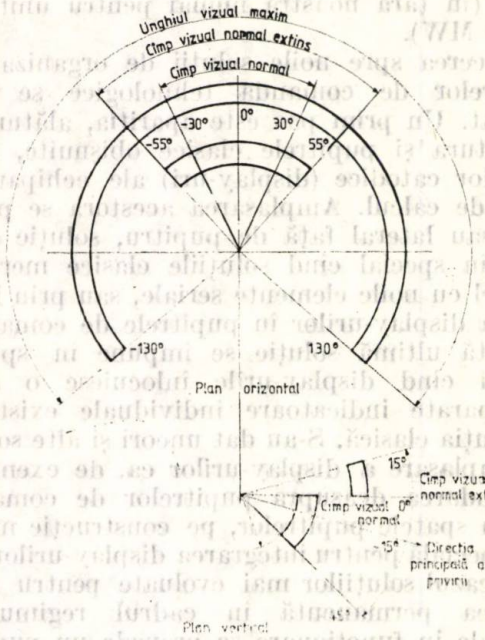


Fig. 4.

adapta și poate obține performanțe bune și în condiții dificile, totuși, într-o activitate continuă, mediul poate determina creșterea oboselii și slăbirea performanțelor. Iluminarea conturului operativ se face la un nivel de 200—300 lucși, normele străine mergînd pînă la 700 lucși, în unele cazuri chiar mai mult. O importanță deosebită are și combinarea iluminatului artificial cu cel natural prin ferestrele către sala mașinilor sau spre exterior, acolo unde este posibil. Cromatica are, de asemenea, o importanță aparte, datorită efectelor psihologice și fiziologice asupra oamenilor care lucrează permanent în camerele de comandă. Interesează atît culorile pupitrelor și panourilor, cît și cele ale pereților, tavanului și pardoselii. Se vor evita culorile aprinse și se va căuta ca prin finisare și combinarea culorilor și materialelor să se obțină o atmosferă calmă, stimulatoare și optimizantă pentru operatori. Zgomotul determină direct oboseala operatorilor și contribuie la scăderea atenției și capacității de analiză și discernămînt. Soluția pentru reducerea nivelului de zgomot este utilizarea unor pereți fonoabsorbanți și diminuarea surselor de zgomot.

Trebuie menționat și faptul că pentru a se asigura obținerea și menținerea unui microclimat corespunzător activităților ce se desfășoară aici, accesul în camerele de comandă trebuie să fie strict controlat, astfel încît munca operatorilor să nu fie perturbată în nici un fel.

* * *

Preocupările pentru modernizarea camerelor de comandă sînt permanent în actualitate deoarece, așa cum s-a dovedit de mult, investițiile în acest domeniu sînt dintre cele mai eficiente

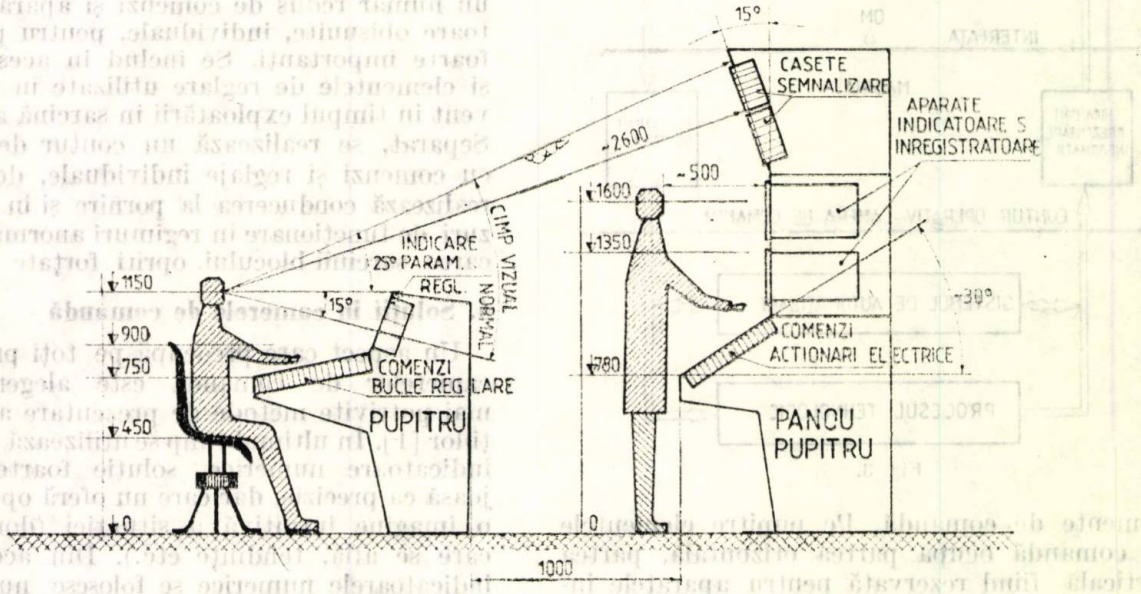


Fig. 5.

Mijloacele perfecționate puse la dispoziție de tehnologiile dezvoltate în ultimul timp (echipamente de automatizare realizate cu microprocesoare) și consolidarea unei concepții sistemice de conducere, stimulează și susțin aceste preocupări.

Modernizarea organizării camerelor de comandă va duce la îmbunătățirea activității de supraveghere, reducerea manevrelor greșite,

și creșterea perioadelor de disponibilitate a blocurilor energetice.

Bibliografie

[1] Candel, J. *Organisation de la salle de comande de centrales thermiques.* În: Brown Boveri, nr., 1979.

[2] Rick, E. ș.a. *Systematische Planung von Kraftwerkswarten.* În: VGB, nr. 10, Oktober 1980.

[3] Sterff, I. *Die Neusch Prozess Bezichung bei der Führung moderner Kraftwerksprozesse.* În: V.G.B., H7, April 1982.

[4] Ludwig, H. *Tendenzen und Probleme bei der Weiterentwicklung der Kraftwerksautomatisierung.* În: Energietechnik, nr. 7, April, 1982.

[5] Ludwig, H. *Zu einigen Entwicklungstendenzen der Kraftwerksautomatisierung durch neue gerätetechnische Möglichkeiten.* În: Energietechnik, nr. 10, Oktober 1982

[6] Klostermeyer, D., Pahl, M. *Die Regelungstechnik im Modellkraftwerk Völklingen.* În: VGB, nr. 6, 1984.

[7] Krafft, N., Teufelberger, A. *Der moderne Kommandoraum in thermischen Kraftwerken.* În: Brown Boveri Mitteilungen, 8/1984.

[8] *** *Man/Process Communication.* In: Brown Boveri Publication no DGK 112683 E.

(Primit la 3 iunie 1985, acceptat la 14 august 1985)

Evaluarea pierderilor prin ardere mecanică incompletă la cazane cu funcționare pe lignit, cu insuflare directă a aerului în focar

Ing. Mircea Rădulescu, ing Ion Bolma*

The Estimation of the Losses Due to Mechanically Incomplete Combustion During the Operation of Forced Draught Lignite Boilers

(Condensed from the paper in Romanian)

The value of heat losses due to mechanically incomplete combustion (P_1') is determined by relation: $P' = \left(\frac{D_1 i_1}{C_1} + \frac{D_2 i_2}{C_1} \right) \frac{H_3}{H_2}$, % (1)

where:

D_1 is the slag flow captured in the cold funnel, kg/h

D_2 — the fly ash flow, kg/h;

i_1 — the unburnt matter content in the slag, %;

i_2 — the unburnt matter content in the ash, %;

H_3 — the heat value of the unburnt matter contained in the slag and fly ash, kJ/kg (kcal/kg);

H_2 — the solid fuel heat value, kJ/kg (kcal/kg);

c_1 — the solid fuel flow introduced into the burning chamber, kg/h.

The values of the quantities D_1, D_2, i_1 and i_2, H_3 can be set up after commissioning the boilers.

During the design stage, the value P_1' is obtained from the references or considering the experience obtained in the design and operation of some boilers fuelled on similar fuels and burning technologies.

The present paper intends to introduce a statistical analysis by processing some informations obtained during the operation of steam and hot water boilers fuelled on lignite by direct blowing in order to obtain a method to estimate by calculation P_1' from the design stage already. A total of 68 measurement results were available (being admitted only homologation, guarantee test results or performances assessment results of boilers) collected from 15 boilers of different type (100 t/h, 420 t/h, 510 t/h, 645 t/h, 1035 t/h steam boilers or 50 kcal/h and 100 kcal/h hot wather boilers). Some of these are provided with post burning grates.

From the multitude of dependence factors of P_1' there could be outlined statistically only:

— the fuel ash content, A^i;

— the post-burning grate existence;

— the dust grinding fineness.

For the quantities A^i range, characteristic for the Romanian lignite, the existence of linear stochastic dependence between $\frac{D_1}{C_1}$ and A^i (fig. 2) has been admitted.

The linear regression functions obtained are:

— for post-burning grates boilers:

$$\frac{D_1}{C_1} = (0.0654 \cdot A^i + 0.0136) \cdot 10^{-2} \quad (2)$$

(correlation coefficient $r = 0.342$)

— for boilers without post-burning grates:

$$\frac{D_1}{C_1} = (0{\cdot}178 \cdot A^i - 1{\cdot}84) \cdot 10^{-2} \quad (3)$$

$(r = 0{\cdot}852)$

The ration $\frac{D_2}{C_1}$ quantity uted in tbe calculation P_1' from (1) can be determined by relation

$$\frac{D_2}{C_1} = \frac{A^i}{100} - \frac{D_1}{C_1} \cdot \frac{100 - i_1}{100}. \quad (4)$$

The fly ash and slag unburnt matter content could not be correlated statistically to the fuel ash content (Fig. 3 and 4) but only to the presence of the post-burning grate and the coal dust particles dimensions.

The unburnt matter content in the slag, i_1' has the following values:

— for the boilers fuelled on dust or coal with $R_{1\cdot0} = 1 \div 3\%$:

$i_1 = 5 \div 31\%$; $\bar{i}_1 = 21.7\%$;

* Ing Mircea Rădulescu, ing. Ion Bolma — cercetători științifici principali la ICEMENERG.

— for the boilers with post-burning grate and $R_{1.6} = 4 \div 10\%$:

$i_1 = 7 \div 39\%$; $\bar{i}_1 = 21.7\%$;

— for the boilers without post-burning grate and $R_{1.6} = 4 \div 10\%$

$i_1 = 17 \div 75\ \%$; $\bar{i} = 29.3\%$.

The unburnt matter within the fly ash i_2 amounts to the following values:

— for burning a dust having $R_{1.6} = 1 \div 3\%$:

$i_2 = 0.45 \div 3.2\%$; $\bar{i}_2 = 1.3\%$;

— for burning a coal dust having $R_{1.6} = 4 \div 10\%$:

$i_2 = 0.46 \div 4.1\%$; $\bar{i}_2 = 1.7\%$.

The heat values of the unburnt matters from the flying ash and slag (H_3) are presented in Fig. 5. One can see that these values do not depend on the fly ash content from the fuel. One can see that H_3 is grouped around a different value depending on the existence or nonexistence of a grate or post-burning. Thus, at the boilers equipped with a post-burning grate H_3 has values ranging between 7000 and 7800 kcal/kg (mean value is 7500 kcal/kg), while at the boilers without post-burning grate it ranges between 6100 and 6900 kcal /kg (mean value 6500 kcal/kg).

Arderea combustibililor solizi în focarele cazanelor de abur sau apă fierbinte este afectată de o pierdere datorată eliminării în procesul arderii a unei cantităţi de material combustibil. Căldura conţinută în materialul combustibil evacuat raportată la căldura totală introdusă prin combustibil în cazan constituie pierderea de căldură prin ardere mecanic incompletă. De obicei această pierdere se exprimă sub formă procentuală.

Valoarea pierderii de căldură prin ardere mecanic incompletă se stabileşte la incercările termotehnice ale cazanelor de abur sau apă fierbinte după punerea în funcţiune a acestora. La noi în ţară valoarea acestei pierderi se determină conform prevederilor din prescripţiile tehnice ISCIR [1]. Astfel, pentru cazane cu ardere a cărbunelui în stare pulverizată, pierderile de căldură prin ardere mecanic incompletă se determină cu relaţia:

$$P_1' = (D_1 \cdot i_1 + D_2 \cdot i_2 + D_3 \cdot i_3) \frac{H_3}{C_1 \cdot H_2}, \% \quad (1)$$

unde:

D_1 este debitul de zgură căzută în pilnia rece a focarului, kg/h;

D_2 — debitul de cenuşă volantă captată în instalaţia de desprăfuire, kg/h;

D_3 — debitul de cenuşă volantă evacuată la coş, kg/h;

i_1 — conţinutul de materii combustibile (nearse) în zgură, %;

i_2 — conţinutul de materii combustibile (nearse) în cenuşa captată în instalaţia de desprăfuire, %;

i_3 — conţinutul de materii combustibile (nearse) în cenuşa volantă evacuată la coş, %;

H_3 — puterea calorifică a materiilor combustibile conţinute de zgură şi cenuşă, kJ/kg (kcal/kg);

H_2 — puterea calorifică a combustibilului solid, kJ/kg (kcal/kg);

C_1 — debitul de combustibil solid introdus în focar, kg/h.

În cazul cazanelor energetice cu funcţionare pe lignit dotate cu instalaţii de desprăfuire cu randamente ridicate (electrofiltre), debitele de cenuşă volantă evacuată la coş au valori foarte mici în comparaţie cu debitele de cenuşă captată în instalaţia de desprăfuire şi în consecinţă acestea din urmă pot fi neglijate. Ca urmare, valoarea pierderilor prin ardere mecanic incompletă se determină cu suficientă exactitate cu relaţia de mai jos, obţinută din relaţia (1) pentru $D_3 \simeq 0$:

$$P_1' = \left(\frac{D_1}{C_1} i_1 + \frac{D_2}{C_1} i_2\right) \cdot \frac{H_3}{H_2}, \%. \quad (2)$$

Se poate observa că valoarea pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă este determinată de unele mărimi precum D_1, i_1 etc., ale căror valori pot fi stabilite abia după punerea în funcţiune a cazanului.

În faza de proiectare, pierderea de căldură prin ardere mecanic incompletă nu se poate calcula, valoarea ei stabilindu-se prin asimilarea combustibilului utilizat cu combustibili pentru care există informaţii în literatura de specialitate [2] sau pe baza experienţei existente în proiectarea şi funcţionarea unor cazane la care se folosesc combustibili similari şi tehnologii de ardere asemănătoare.

Pentru cazanele energetice cu funcţionare pe lignit şi în particular pentru arderea în stare pulverizată a ligniţilor din R.S.R., literatura de specialitate este săracă în informaţii. De asemenea, rezultatele obţinute în exploatarea cazanelor existente nu sînt sistematizate statistic sub forma unor informaţii cu caracter de îndrumare.

Materialul prezentat în continuare îşi propune o analiză statistică şi prelucrarea unor informaţii obţinute la funcţionarea cazanelor de abur şi apă fierbinte la care se ard ligniţi în schema de insuflare directă, în scopul realizării unei modalităţi de estimare prin calcul a pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă încă din faza de proiectare. Sînt luate în consideraţie numai rezultatele obţinute la măsurători ocazionate de omologarea, probele de garanţie sau de stabilire a performanţelor cazanelor.

Pentru stabilirea unei metode cu aplicabilitate practică au fost avute în vedere rezultate obţinute la cazane avînd soluţii constructive diferite (II, semi II, turn) şi sarcini nominale

într-o gamă largă (100 — 1035 t/h), echipate cu mori ventilator sau mori ventilator cu ciocane.

O parte din aceste cazane sînt dotate cu grătare de postardere. Avîndu-se în vedere influența directă a acestor grătare asupra pierderilor prin ardere mecanic incompletă s-a încercat obținerea unor concluzii diferențiate pe cele două tipuri de cazane.

1. Cantitatea de reziduuri solide (zgură) căzute în pîlnia rece și cantitatea de cenușă volantă

La cazanele cu arderea cărbunelui în stare pulverizată, debitul de zgură care cade în pîlnia rece a focarului este dependent de mulți factori legați de construcția cazanului, calitatea combustibilului și de exploatare, și anume :

— debitul de combustibil introdus în focar ;
— viteza gazelor de ardere în focar ;
— viscozitatea gazelor de ardere ;
— forma focarului ;
— suprafețele de schimb de căldură din focar ;
— finețea de măcinare a prafului de cărbune ;
— granulația și greutatea specifică a cenușii ;
— granulația și greutatea specifică a materiilor nearse ;
— cantitatea și repartiția aerului la arzătoare și la pîlnia rece a focarului ;
— combinația de mori aflate în funcțiune.

Stabilirea, pe cale analitică, a unei funcții a debitului de zgură căzută în pîlnia focarului în raport de acești factori este, evident, deosebit de dificilă. Este însă accesibilă găsirea unei corelații pe cale statistică a acestei mărimi în raport de mărimi măsurabile.

O analiză statistică efectuată la cazane energetice cu construcție turn sau II, funcționînd cu cărbune brun a condus la următoarele concluzii [3] :

— cantitatea de reziduuri solide căzute în pîlnia focarului este dependentă statistic liniar de conținutul de cenușă din combustibil ; coeficientul de regresie liniară r este 0,8583. De asemenea, aceasta este dependentă exponențial de cantitatea totală de cenușă introdusă în focar ($r = 0{,}7424$) ;

— nu s-a putut pune în evidență o dependență statistică între debitul de zgură căzut în pîlnia rece și criteriul Froude calculat în secțiunea de ieșire a focarului ;

— raportul dintre cantitatea de zgură căzută în pîlnia rece și volumul de gaze este dependent de conținutul de cenușă din combustibil ($r = 0{,}679$) ;

— nu s-a putut pune în evidență o dependență statistică între debitul de zgură căzut în pîlnia rece și sarcina cazanului.

Avîndu-se în vedere concluziile prezentate mai sus și utilizînd rezultatele disponibile obținute la încercări termotehnice de omologare, măsurători de garanție sau de performanță efectuate la cazane din centrale electrice din R.S.R., s-a prezentat grafic (fig. 1) cantitatea de zgură căzută în pîlnia rece în raport cu cantitatea totală de cenușă introdusă în focar $Z_T = C_1 \dfrac{A^i}{100}$, precum și raportul între debitul de zgură și consumul total de combustibil în funcție de conținutul de cenușă A^i din combustibil (fig. 2).

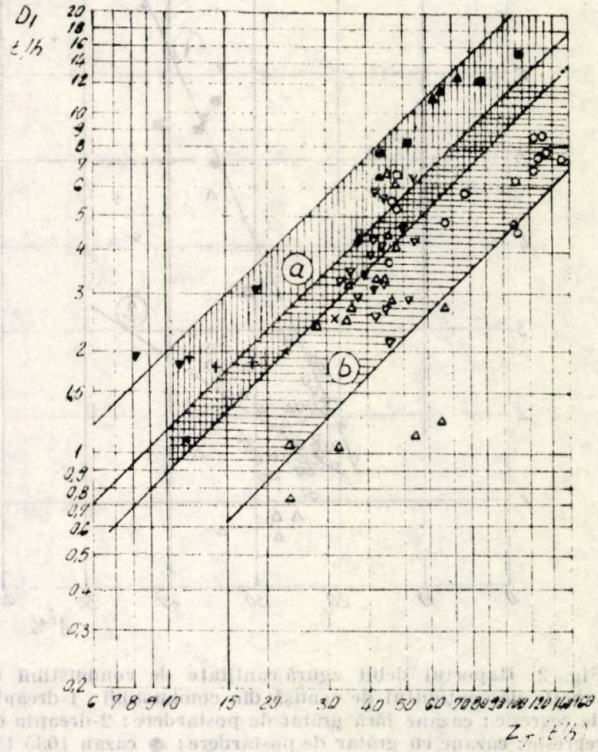


Fig. 1. Debitul de zgură funcție de cantitatea totală de cenușă introdusă în cazan : a-cazane fără grătar de postardere ||| ; b-cazane cu grătar de postardere ≡ ; ● cazan 1035 t/h fără grătar de postardere ; O cazan 1035 t/h cu grătar de postardere ; ■ cazan 645 t/h fără grătar de postardere ; □ cazan 645 t/h cu grătar de postardere ; ▽ cazan 510 t/h fără grătar de postardere ; ▲ cazan 420 t/h fără grătar de postardere ; Δ cazan 420 t/h cu grătar de postardere ; ▼ cazan 100 t/h fără grătar de postardere ; × CAF 100 Gcal/h (116 MW) ; + CAF 50 Gcal/h (58 MW).

A fost disponibil un număr total de 68 de rezultate de măsurători provenind de la 15 cazane de tipuri diferite (cazane de abur de 100 t/h, 420 t/h, 510 t/h, 645 t/h, 1035 t/h și cazane de apă fierbinte de 50 Gcal/h și 100 Gcal/h). O parte din aceste cazane (420 t/h, 1035 t/h) sînt prevăzute cu grătare de postardere.

Din figura 1 se poate observa existența unei corelații de tip exponențial între debitul de zgură și cantitatea totală de cenușă introdusă în focar. În stabilirea unei legături funcționale între cele două mărimi factorul cantitativ are o pondere substanțială. Aceasta se dato-

reazâ existenței valorilor prelucrate de la cazane cu sarcini termice într-o gamă foarte largă. Valoarea mare a coeficientului de corelație $r = 0{,}897$ pentru mărimile $\log D_1$ și $\log Z_T$ confirmă afirmația de mai sus.

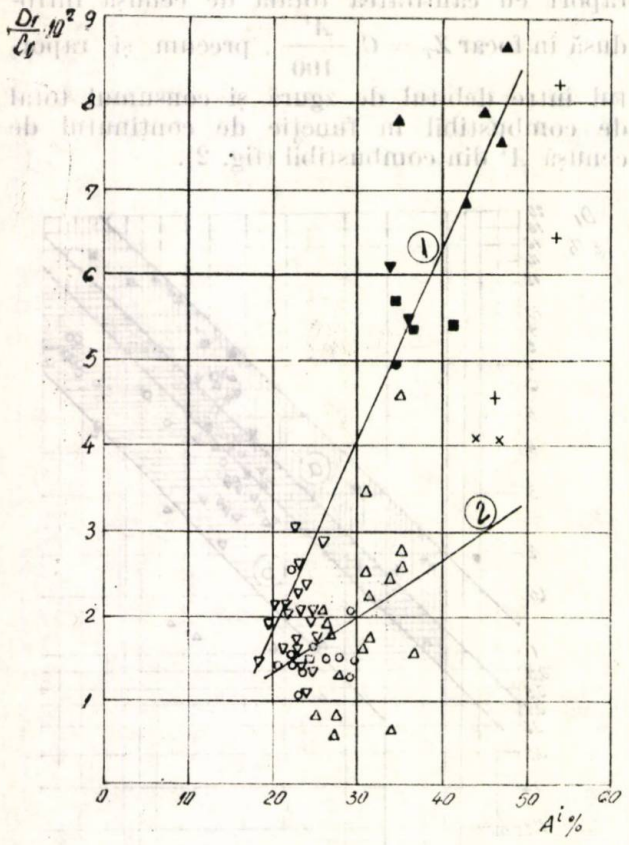


Fig. 2. Raportul debit zgură/cantitate de combustibil în funcție de conținutul de cenușă din combustibil: 1-dreapta de regresie: cazane fără grătar de postardere; 2-dreapta de regresie: cazane cu grătar de postardere; ● cazan 1035 t/h fără grătar de postardere; ○ cazan 1035 t/h cu grătar de postardere; ■ cazan 645 t/h fără grătar de postardere; □ cazan 645 t/h cu grătar de postardere; ▽ cazan 510 t/h fără grătar de postardere; ▲ cazan 420 t/h fără grătar de postardere; Δ cazan 420 t/h cu grătar de postardere; ▼ cazan 100 t/h fără grătar de postardere; × CAF 100 Gcal/h (116 MW); + CAF 50 Gcal/h (58 MW).

Pentru stabilirea unei metodici de determinare a pierderilor prin ardere mecanic incompletă (P_1) pentru cazane avînd sarcini termice într-o gamă largă, mult mai utile sînt rezultatele prezentate în figura 2.

Pentru domeniul de valori, A^i, obținut prin valorile analizate, s-a admis existența unei dependențe stocastice liniare între $\frac{D_1}{C_1}$ și A^i.

Luîndu-se în considerare toate valorile analizate, funcția de regresie liniară este:

$$\frac{D_1}{C_1} = (0{,}18\ A^i - 2{,}48)\cdot 10^{-2}, \qquad (3)$$

cu coeficientul de corelație $r = 0{,}777$.

Prelucrînd numai valorile obținute la cazanele echipate cu grătare de postardere (30 valori) s-a obținut funcția de regresie liniară:

$$\frac{D_1}{C_1} = (0{,}0654\cdot A^i + 0{,}0136)\cdot 10^{-2}, \qquad (4)$$

cu coeficientul de corelație $r = 0{,}342$.

Pentru cazanele fără grătar de postardere funcția de regresie este:

$$\frac{D_1}{C_1} = (0{,}178\ A^i - 1{,}84)\cdot 10^{-2}, \qquad (5)$$

cu coeficientul de regresie $r = 0{,}852$.

Se poate observa că raportul $\frac{D_1}{C_1}$ are valori mai coborîte la cazanele cu grătar de postardere pentru același conținut de cenușă. De asemenea, este pusă în evidență o legătură mai slabă a mărimii $\frac{D_1}{C_1}$ de A^i la cazanele cu grătar de postardere.

Datele oferite de diagrama din figura 1 pot fi utilizate la proiectarea cazanelor pentru dimensionarea grătarului de postardere și a evacuatorului de zgură; se poate lua în considerare o umiditate medie a zgurii de 50 % (valori determinate cu ocazia măsurătorilor 41,4 — 58,8%).

Debitul de cenușă volantă se poate determina prin calcul cu ajutorul relației:

$$D_2 = C_1\frac{A^i}{100} - D_1\frac{100 - i_1}{100}, \qquad (6)$$

care poate fi pusă și sub forma:

$$\frac{D_2}{C_1} = \frac{A^i}{100} - \frac{D_1}{C_1}\frac{100 - i_1}{100}. \qquad (7)$$

2. Conținutul de materii combustibile (nearse) din zgură și cenușă

Prin prelucrarea statistică a celor 98 de valori ale conținutului de materii combustibile în zgură și cenușă provenite de la probe și măsurători s-a ajuns la următoarele concluzii (fig. 3):

— pentru valori ale conținutului de cenușă cuprinse între 20 % și 45% nu se poate vorbi de o corelație între i_1 și A^i; valoarea coeficientului de corelație liniară este $r = -0{,}0399$;

— domeniul i_1 grupează valorile superioare pentru cazanele fără grătar de postardere și valorile inferioare pentru cazanele cu grătar de postardere sau insuflare cu aer terțiar la pîlnia rece;

— este pusă în evidență o diferențiere a valorilor i_1 în funcție de granulația prafului de cărbune insuflat în focar;

— nu s-a putut stabili o legătură statistică între conținutul de materii combustibile i_1 și sarcina cazanului;

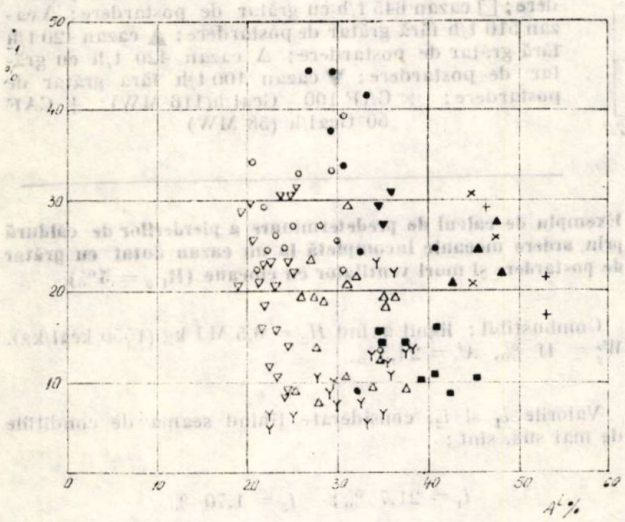


Fig. 3. Conținutul de materii combustibile (nearse) în zgură în funcție de conținutul de cenușă din combustibil: ● cazan 1035 t/h fără grătar de postardere; ○ cazan 1035 t/h cu grătar de postardere; ■ cazan 645 t/h fără grătar de postardere; □ cazan 645 t/h cu grătar de postardere; ▽ cazan 510 t/h fără grătar de postardere; ▲ cazan 420 t/h fără grătar de postardere; Δ cazan 420 t/h cu grătar de postardere; ▼ cazan 100 t/h fără grătar de postardere; × CAF 100 Gcal/h (116 MW); + CAF 50 Gcal; t/h (58 MW), Y cazan 350 t/h fără grătar de postardere; ⊗ cazan 165 t/h fără grătar de postardere.

— tipul constructiv al cazanului (turn sau Π) nu creează diferențieri evidențiabile statistic în valorile i_1.

Considerînd deci inexistența unei dependențe între i_1 și A^i se pot admite pentru i_1 valori care depind numai de granulația prafului de cărbune și de prezența grătarului de postardere. Astfel:

— pentru cazanele la care se arde praf de cărbune avînd $R_{1,0} = 1 - 3\%$, i_1 variază în banda 5 —31% și are valoare medie, $i_1 = 16{,}2\%$;

— pentru cazanele de abur prevăzute cu grătar de postardere, la arderea unui praf de cărbune avînd $R_{1,0} = 4 - 10$ %, i_1 variază în banda 7 – 39% și are valoarea medie $i_1 = 21{,}7\%$;

— pentru cazanele de abur fără grătar de postardere la arderea unui praf de cărbune avînd $R_{1,0} = 4 - 10$ %, i_1 variază în banda 17 – 45 % și are valoarea medie $i_1 = 29{,}3$ %.

Conținutul de materii combustibile în cenușă volantă, i_2, nu este dependent de conținutul de cenușă din combustibil A^i (fig. 4). A fost pusă în evidență, însă, influența puternică a granulației prafului de cărbune. Astfel:

— la arderea unui praf de cărbune avînd $R_{1,0} = 1 - 3\%$, i_2 variază în banda 0,47 – 3,2%, avînd valoarea medie $i_2 = 1{,}3\%$;

— la arderea unui praf de cărbune avînd $R_{1,0} = 4 - 10\%$, i_2 variază în banda 0,46 – 4,1%, avînd valoarea medie $i_2 = 1{,}7\%$.

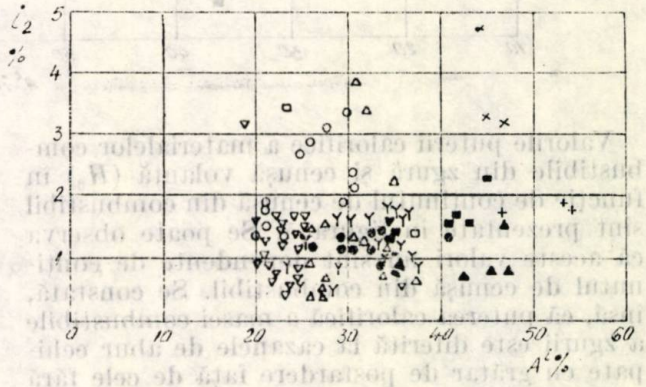


Fig. 4. Conținutul de materii combustibile (nearse) în cenușa volantă funcție de conținutul de cenușă din combustibil: ● cazan 1035 t/h fără grătar de postardere; ○ cazan 1035 t/h cu grătar de postardere; ■ cazan 645 t/h fără grătar de postardere; □ cazan 645 t/h cu grătar de postardere; ▽ cazan 510 t/h fără grătar de postardere; ▲ cazan 420 t/h fără grătar de postardere; Δ cazan 420 t/h cu grătar de postardere; ▼ cazan 100 t/h fără grătar de postardere; × CAF 100 Gcal/h (116 MW); + CAF 50 Gcal/h (58 MW); Y cazan 350 t/h fără grătar de postardere; ⊗ cazan 165 t/h fără grătar de postardere.

Analiza datelor statistice prezentate conduce la cîteva constatări foarte interesante. Astfel, în cazzul arderii unui praf cu o finețe de măcinare caracterizată de $R_{1,0} = 1 - 3$ %, conținutul de materii combustibile din zgură scade cu aproximativ 50 % față de situația arderii unui praf de lignit cu $R_{1,0} = 4 - 10$ %.

O influență asemănătoare o are și grătarul de postardere, prin utilizarea lui conținutul de nearse în zgură diminuîndu-se cu circa 25%.

Trebuie avută în vedere în acest caz și reducerea cantității de zgură căzută în pîlnia rece (din figura 2 se poate observa că la cazanele cu grătare de postardere $\frac{D_1}{C_1}$ se poate micșora chiar cu 100 %, dacă conținutul de cenușă din combustibil este mai mare de 30%).

Din datele existente nu s-a putut pune în evidență o dependență statistică a finеții prafului de diverși factori (exceptînd prezența sau absența separatorului morii). În cazul folosirii acelorași tipuri de sisteme de preparare a prafului este foarte probabil ca diferențierile de finețe de măcinare să se datoreze compoziției cărbunelui și, în primul rînd, conținutului de xilită al acestuia.

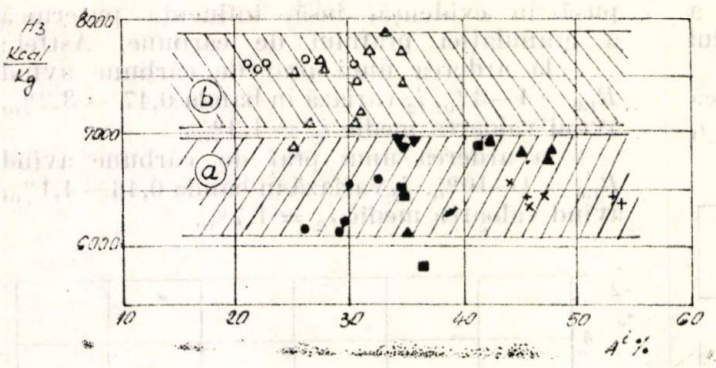


Fig. 5. Puterea calorifică a masei combustibile din zgură în funcție de conținutul de cenușă din combustibil: a-cazane fără grătar de postardere; b-cazane cu grătar de postardere; ● cazan 1035 t/h fără grătar de postardere; ○ cazan 1035 t/h cu grătar de postardere; ■ cazan 645 t/h fără grătar de postardere; □ cazan 645 t/h cu grătar de postardere; Δ cazan 510 t/h fără grătar de postardere; ▲ cazan 420 t/h fără grătar de postardere; Δ cazan 420 t/h cu grătar de postardere; ▼ cazan 100 t/h fără grătar de postardere; × CAF 100 Gcal/h(116 MW); + CAF 50 Gcal/h (58 MW)

Valorile puterii calorifice a materialelor combustibile din zgură și cenușă volantă (H_3) în funcție de conținutul de cenușă din combustibil sînt prezentate în figura 5. Se poate observa că aceste valori nu sînt dependente de conținutul de cenușă din combustibil. Se constată, însă, că puterea calorifică a masei combustibile a zgurii este diferită la cazanele de abur echipate cu grătar de postardere față de cele fără grătar de postardere. Astfel, la cazanele echipate cu grătar de postardere valorile puterii calorifice se grupează în domeniul 29,2 — 32,6 MJ/kg (7000 — 7800 kcal/kg), în timp ce la cazanele fără grătar de postardere sînt în domeniul 25,5 — 28,8 MJ/kg (6100 — 6900 kcal/kg).

Pentru calculele de predimensionare se recomandă adoptarea unor valori medii ale puterii calorifice a materialelor combustibile din zgură și cenușă pe baza datelor experimentale de mai sus, după cum urmează:

— la cazanele echipate cu grătar de postardere $H_3 = 31{,}4$ MJ/kg (7500 kcal/kg);

— la cazanele fără grătar de postardere $H_3 = 27{,}2$ MJ/kg (6500 kcal/kg).

3. Metodă de evaluare a pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă

Pe baza celor prezentate mai sus se poate stabili o metodă de predeterminare a pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă la cazane II, semi II sau turn cu funcționare pe lignit, echipate cu mori ventilator sau mori ventilator cu ciocane și arzătoare cu fante, cu insuflarea directă a prafului în focare cu turbion central.

1. În funcție de soluția de echipare a cazanului (cu sau fără grătar de postardere) și finețea de măcinare a prafului de lignit se stabilesc valorile conținutului de materii combustibile în zgură și cenușă, i_1 și i_2.

2. În funcție de conținutul de cenușă din combustibil A^i se stabilește raportul D_1/C_1, folosind relația (4) sau (5).

3. Utilizînd relația (7) se determină raportul D_2/C_1.

4. Pierderea de căldură prin ardere mecanic incompletă se stabilește utilizînd relația (2).

Exemplu de calcul de predeterminare a pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă la un cazan dotat cu grătar de postardere și mori ventilator cu ciocane ($R_{1,0} = 5\%$)

Combustibil: lignit avînd $H_3 = 6{,}5$ MJ/kg (1550 kcal/kg), $W_t^i = 41$ %, $A^i = 24{,}5\%$.

Valorile i_1 și i_2, considerate ținînd seama de condițiile de mai sus, sînt:

$$i_1 = 21{,}7\ \%; \qquad i_2 = 1{,}70\ \%.$$

Raportul D_1/C_1 calculat cu relația (4):

$$\frac{D_1}{C_1} = (0{,}0654 \cdot 24{,}5 + 0{,}0136) \cdot 10^{-2} = 1{,}51 \cdot 10^{-2}.$$

Raportul D_2/C_1 calculat cu relația (7):

$$\frac{D_2}{C_1} = \frac{24{,}5}{100} = 1{,}51 \cdot 10^{-2}\ \frac{100-21{,}7}{100} = 0{,}232.$$

Pierderea P_1' calculată cu relația (2):

$$P_1' = (1{,}51 \cdot 10^{-2} \cdot 21{,}7 + 0{,}232 \cdot 1{,}70) \cdot \frac{7500}{1550} = 3{,}50\%.$$

Concluzii

Articolul a prezentat o metodă pentru predeterminarea pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă (P_1') la cazanele de abur sau apă fierbinte funcționînd cu lignit, la care prepararea prafului se face cu mori ventilator sau mori ventilator cu ciocane, iar praful de cărbune este insuflat direct în focar, jeturile create realizînd un turbion central.

Pierderile de căldură P_1' au putut fi puse în dependență statistică de conținutul de cenușă din combustibil; de asemenea, a fost pusă în evidență influența caracteristicilor prafului (finețea de măcinare) și a grătarului de postardere asupra pierderilor P_1'.

Metoda prezentată este utilizabilă la proiectarea cazanelor de abur sau apă fierbinte pentru stabilirea randamentului acestora. De asemenea, poate fi utilizată la determinarea

prin postcalcul a consumului specific de combustibil la centrale termoelectrice sau centrale termice: cunoscînd cantitatea și caracteristicile lignitului cu care au fost alimentate cazanele se determină debitul de zgură (fig. 1), iar cunoscînd valorile i_1, i_2 realizate în exploatare se determină P_1'.

Pentru îmbunătățirea metodei propuse, este necesar să se aprofundeze factorii care influențează conținutul de materii combustibile (nearse) din zgura și cenușa volantă și în primul rînd influența conținutului de xilită al lignitului asupra fineții de măcinare a prafului. Metoda va putea fi extinsă în viitor și pentru cazane cu alte scheme de insuflare a prafului de lignit (insuflare directă cu concentrator de praf, insuflare semidirectă) pe măsura obținerii unui număr suficient de date experimentale.

Bibliografie

[1] * * * *Prescripții tehnice privind încercările în vederea omologării cazanelor de abur și a cazanelor de apă fierbinte* C10 — 82, Colecția ISCIR.

[2] * * * *Teplovoi rascet kotelnih agregatov (normativnii metod)*. Energhiia, Moskva, 1973.

[3] Buchmüller, H.A. *Betriebssichere Feuerraum-Entaschung bei Braunkohle-Dampferzeugern*. În: Energie, Jahrg. 28, No. 5, 1976.

(Primit la 14 mai 1985, acceptat la 19 august 1985)

Soluții de eliminare a deficiențelor datorate scăderii presiunii aburului la priza urbană a turbinei DSL—50

Dr. ing. Florin Alexe, ing. Adrian Ruiu*

Descriptori: turbină de termoficare, degazare adaos, boilere de termoficare, recirculare condens bază

Solutions for Cleaning Away the Drawbacks Caused by the Steam Pressure Drop at the DSL — 50 Turbine Urban Intake

(Condensed from the paper in Romanian)

The necessity of producing ever increasing amounts of electric energy at which sometimes adds the fuel shares limitation causes a number of drawbacks in the district heating plants operations that leads to the worsening of the addition water degasing, the water temperature reduction in the district heating network and heat losses by the condensate recirculation. These drawbacks can be eliminated by the corresponding change of the circuit scheme belonging to the district heating urban intake. The paper presents a few solutions, with reference to the 50 MW units of the DSL-50 turbine range that by the year 2000 will stand for the main engine type of the Romanian district heating plants.

It is worth mentioning that the solutions developed took into account the possibility of harking back to a normal operating scheme in case the operating conditions fall within the limits initially established.

The estimation criterion of the mentioned solutions efficiency was based on the classical fuel savings obtained by applying the version proposed in comparison with the present version applied in operating regime under rated parameters. Although not all the versions have the same degree of efficiency if only the fuel savings are taken into account, nevertheless each proposal is worth mentioning as the estimates overlook a number of unquantizable effects such as the corrosion phenomena rate, the local conditions existing in a district heating plant, the frequency and the duration of the periods characterized by a certain level of the exterior air temperature.

The improvement of the district heating plants operating schemes as a consequences of the solutions presented, will allow their better complying with the new conditions developed as a consequence of the energy crisis.

Situațiile de reducere a presiunii la priza urbană a turbinelor de termoficare, apărute ca urmare a limitării cotelor de combustibil și/sau cererii sporite de abur industrial, conduc la o serie de deficiențe în exploatarea CET, manifestate prin:

— înrăutățirea calității degazării apei de adaos ce se efectuează în degazoare alimentate din bara de 0,1177 MPa cu abur provenit din priza urbană;

— scăderea temperaturii apei în rețeaua de termoficare datorită micșorării corespunzătoare a temperaturii aburului pentru boilerele de termoficare;

— pierderi de căldură în apa de răcire a condensatoarelor ca urmare a recirculării condensului necesar asigurării răcirii condensatorului ejectorului (R. Ej), răcitorului de abur labirinți (RAL) și răcitorului de abur etanșări (RE).

În articol sînt prezentate soluții pentru eliminarea deficiențelor menționate, cu referiri asupra grupurilor de 50 MW din gama turbinelor DSL-50, care urmează a constitui

* Dr. ing. Florin Alexe — șef lucrări la Facultatea de Energetică I.P.B., ing. Adrian Ruiu — cercetător științific la ICEMENERG.

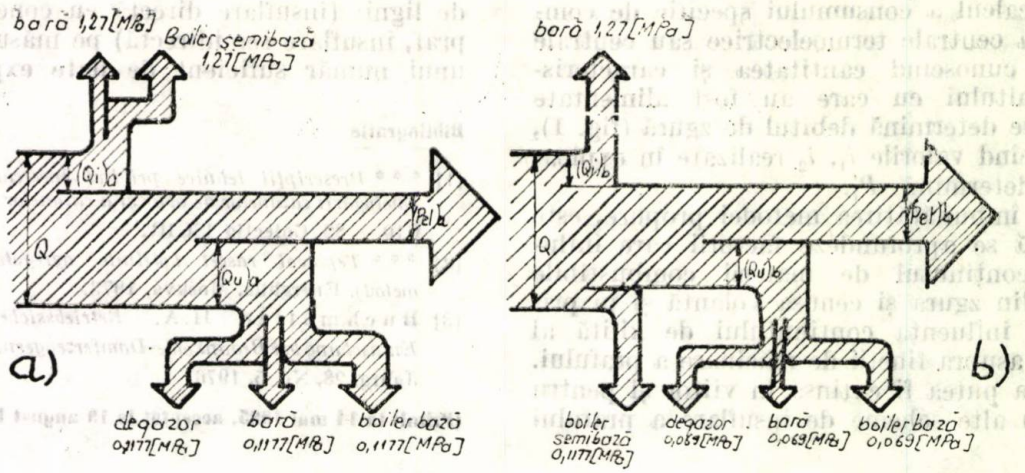


Fig. 1. Calculul economiilor de combustibil realizate în varianta propusă:

$$\Delta B = [(P_{el})_b - (P_{el})_a] \frac{\tau}{\eta_{CTE} \cdot H_i} \cdot 10^{-3} \text{ [tc.c./an·grup]},$$

unde:

$\tau = 3500$ h/an reprezintă durata sezonului de termoficare;
$\eta_{CTE} = 35\%$ — randamentul CTE din SEN;
$H_i = 8{,}14$ kWh/kg — puterea calorifică a combustibilului convențional.
a-varianta de bază; b-varianta propusă.

principalul tip de mașină ce va intra în dotarea CET din R.S.R. pînă în anul 2000.

Criteriul de apreciere al eficienței soluțiilor prezentate îl constituie economiile de combustibil convențional realizate în varianta propusă în raport cu varianta actuală, considerată a fi în regim de exploatare la parametri nominali.

Modul de calcul este prezentat sintetic în figura 1.

1. Alimentarea cu abur a degazoarelor de adaos

Degazoarele de adaos fiind alimentate cu abur din bara racordată la priza urbană a turbinelor, limitele de variație ale presiunii aburului livrat sînt cuprinse (teoretic) între 0,0687 MPa și 0,245 MPa, corespunzător posibilităților prizei. În perioadele de tranziție ale sezonului de termoficare (primăvara și toamna) sau din cauza limitării cotelor de combustibil, există posibilitatea ca presiunea aburului furnizat de priza urbană să scadă sub valoarea de 0,1177 MPa la care sînt dimensionate să funcționeze corect degazoarele de adaos și, din cauza schemei adoptate (fig. 2), degazarea să se efectueze necorespunzător.

Pentru eliminarea deficienței semnalate sînt posibile trei soluții (fig. 3):

a) alimentarea de rezervă a degazoarelor cu abur provenit din bara de 1,275 MPa, adus la parametrii necesari prin intermediul instalațiilor de reducere—răcire (IRR);

b) alimentarea de rezervă a degazoarelor cu abur extras din bara cu presiune scăzută (0,0687 MPa) și comprimat pînă la presiunea de 0,1177 MPa cu ajutorul compresoarelor cu jet utilizînd abur activ de 1,275 MPa;

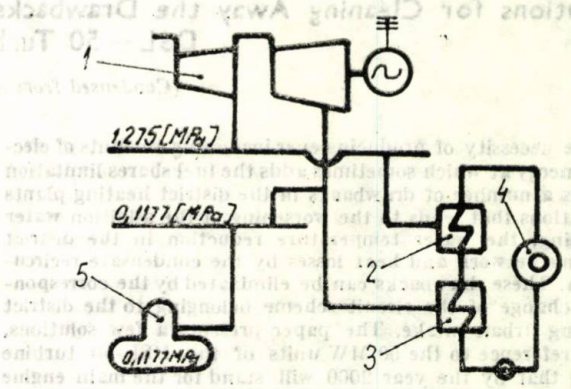


Fig. 2. Schema actuală de alimentare cu abur a degazoarelor de adaos și boilerelor de termoficare: 1-grup de termoficare; 2-boiler semibază; 3-boiler bază; 4-consumator urban; 5-degazor adaos.

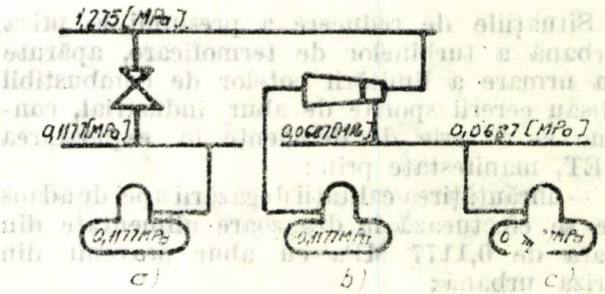


Fig. 3. Posibilități de alimentare cu abur a degazoarelor de adaos în situațiile în care presiunea la priza urbană scade sub valoarea de 0,1177 MPa: a-cu instalații de reducere-răcire; b-cu compresor cu jet; c-direct din bara de 0,0687 MPa.

Economiile de combustibil realizate prin scăderea presiunii aburului la priza urbană

Tabelul 1

Mărimea	Notație	U.M.	Mod de determinare	Valoare numerică					
Debitul de abur ce se extrage la priza urbană	D	t/h	Mărime aleasă funcție de regimul de încărcare termică	86	86	86	160	160	160
Reducerea de presiune	Δp	bar	Impusă	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3
Cîștigul de putere electrică dat de destinderea suplimentară a aburului	$\Delta p_{0,1}$	kW	$\frac{\Delta H}{3,6 \cdot \Delta p} \cdot \eta_i \cdot \eta_m \cdot \eta_g$	305,51	611,029	916,54	568,399	1136,79	1705,199
Pierderi de putere date de reducerea debitelor prin turbină	Δp	kW	$D_{ej} \cdot H_i \cdot \eta_i^{CMP} \cdot \eta_m \cdot \eta_g$	66,082	70,96	73,194	66,082	70,96	76,194
Cîștigul net de putere electrică	$\Delta p'$	kW	$\Delta p_{0,1} - \Delta p$	239,43	540,07	843,35	568,39	1136,7	1632,05
Pierderi de căldură cu aburul evacuat la ejector	ΔQ	kW	$\frac{De_j}{3} \cdot (i_{deg} - i_{cd})$	152,32	152,32	152,32	152,32	152,32	152,32
Sporul de consum de combustibil dat de ΔQ	$(\Delta b)'_Q$	$\frac{kgc.c.}{h}$	$\frac{\Delta Q}{29310} \cdot \frac{3600}{\eta_{eaz} \cdot \eta_{cd}}$	19,28	19,28	19,28	19,28	19,28	19,28
Economia de combustibil realizată prin cîștigul de putere netă	$(\Delta b)_p$	$\frac{kc.c.}{an}$	$\Delta p' \cdot \tau_{in_e} \cdot 0,35$	293301	661585	1083103,7	696677	1392567,7	1999206
Sporul de consum de combustibil dat de ΔQ	$(\Delta b)'_Q$	$\frac{kg\ c.c.}{an}$	$(\Delta b)_Q \cdot \tau_{ine}$	67480	67480	6780	67480	67480	67480
Economie netă de combustibil	Δb	$\frac{tc.c.}{an}$	$(\Delta b)_p - (\Delta b)'_Q$	226	594	966	629	1325	1932

c) înlocuirea actualelor degazoare de 0,1177 MPa cu degazoare dimensionate pentru a utiliza abur de 0,0687 MPa.

Considerîndu-se că apa de adaos are un debit de 100 m³/h și că temperatura adaosului este :

— pentru apă total demineralizată (ATD) — 40°C ;

— pentru apă dedurizată (AD) — 15°C,

se obțin următoarele valori pentru consumul suplimentar (--), respectiv economiile (+) de combustibil realizate prin aplicarea soluției propuse în comparație cu varianta standard, cifrele fiind relative la degazoare ATD/AD :

— alimentare prin IRR — ΔB = — 1200/ —1400 t c.c./an ;

— alimentare prin ejector — ΔB = — 41/ +135 (t c.c./an) ;

— degazor cu abur de 0,0687 MPa — ΔB = + 30/+ 160 t c.c./an.

Deși nu toate variantele au același grad de eficiență dacă se ține cont doar de economiile de combustibil, totuși fiecare propunere în parte este de reținut, avîndu-se în vedere că în calcule nu au fost luate în considerație o serie de efecte necuantificabile, cum ar fi intensitatea fenomenelor de coroziune, condițiile locale existente în CET, frecvența și durata perioadelor cu un anumit nivel de temperatură al aerului exterior etc.

2. Alimentarea cu abur a boilerelor de termoficare

Pentru schema de alimentare cu abur a boilerelor de termoficare utilizată în prezent și prezentată în figura 2, dimensionarea suprafețelor de transfer s-a făcut pentru o temperatură a returului rețelei de 70°C, obținută pentru temperatura exterioară minimă de calcul de —17,5°C.

În aceste condiții, presiunea aburului de alimentare a boilerelor este mărită pînă la atingerea temperaturii de saturație corespunzătoare, necesară transferului termic. Presiunea ridicată la priza boilerului înseamnă însă o reducere în consecință a destinderii în turbină, deci a energiei electrice produse în regim de termoficare.

Deoarece temperatura exterioară minimă de calcul este atinsă într-un număr relativ mic de zile pe durata sezonului de termoficare, într-o nouă soluție dimensionarea și exploatarea prizelor turbinei și a boilerelor de termoficare se poate face pentru temperatura de — 3°C, care are cea mai mare frecvență de apariție în sezon. Pentru această valoare, temperaturile rețelei de termoficare (tur/retur) sînt respectiv 99/55°C. Considerîndu-se o reducere cu 25 % a ecartului minim de temperatură între apă și abur (de exemplu la boilerele actuale se poate avea în vedere o reducere de la 12 la

9 grd) temperatura de saturație a aburului de alimentare corespunde presiunii de 0,0687 MPa, pentru boilerul de bază, respectiv 0,1333 MPa, pentru boilerul de vîrf (fig. 4). Eficiența scăderii presiunii aburului la priza urbană a turbinelor este redată în tabelul 1.

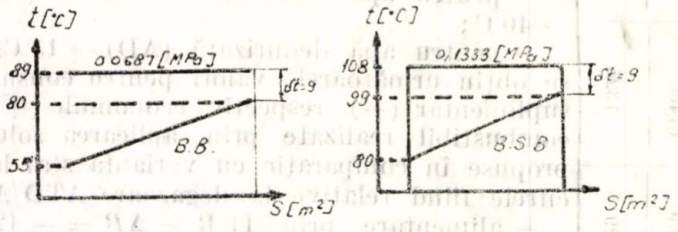


Fig. 4. Presiunea aburului de alimentare a boilerelor de bază și semibază în condițiile reducerii δt de la 12 la 9 grd.

De remarcat că economiile de combustibil prezentate în tabelul 1 se obțin în condițiile respectării graficului de temperatură al rețelei termice.

3. Recircularea condensului principal

Schema circuitului de joasă presiune al turbinelor DSL—50, prezentată în figura 5a, presupune recircularea, în regimurile de termoficare avansată, a unei fracțiuni importante din debitul nominal al pompelor de condensat principal, pentru asigurarea răcirii schimbătorului de căldură al ejectorului (REj), recuperatorului de abur al labirinților (RAL) și răcitorului de abur etanșare (RE). Considerînd că temperatura condensului recirculat este de 60—70°C, la o durată de 3500 h/an a sezonului de termoficare, se obține (funcție de debitul de recirculație) pentru valoarea pierderilor de combustibil, corespunzătoare pierderilor de căldură în apa de răcire a condensatorului, o cifră cuprinsă între 2000 și 3000 t c.c./an grup 50 MW.

Pentru eliminarea acestor pierderi se practică introducerea apei de adaos în condensator, unde are loc o degazare sub vid, dar soluția prezintă dezavantajul că, în trecerea peste fascicolul de țevi de răcire, adaosul se subrăcește, ceea ce duce la creșterea conținutului de O_2 dizolvat.

O soluție practicată pe plan mondial și care ar elimina posibilitatea subrăcirii adaosului, este aceea a dotării condensatoarelor turbinelor cu colectoare de condensat prevăzute cu dispozitive de degazare sub vid. Fiind plasat la partea inferioară a condensatorului, colectorul de condensat permite degazarea eficientă a adaosului, fără ca acesta să piardă căldura conținută. Soluția de funcționare propusă, redată în figura 5*b*, ar permite eliminarea degazorului de adaos industrial și realizarea de

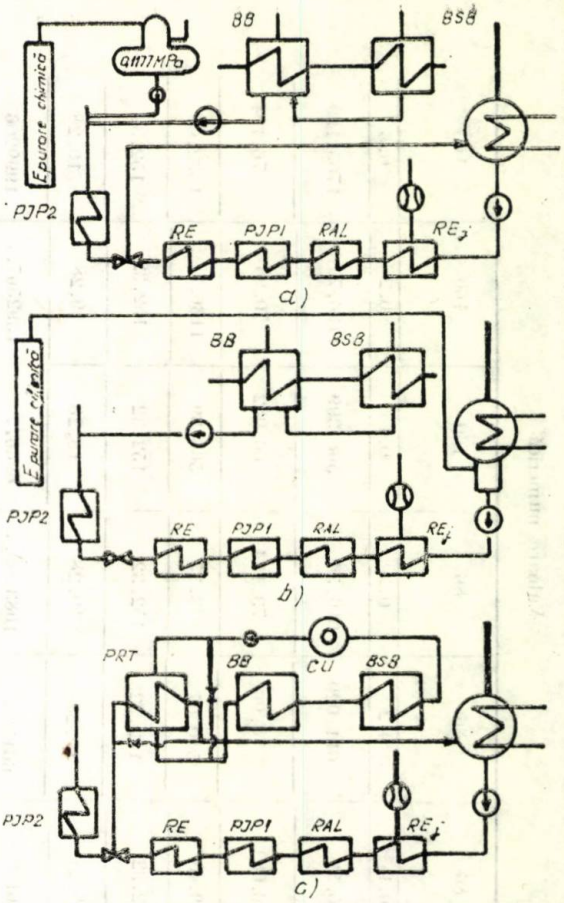


Fig. 5. Recircularea condensului la un grup de termoficare: a-schemă actuală; b-propunere de schemă de eliminare a recircularei prin introducerea adaosului în condensator; c-propunere de schemă de reducere a pierderilor de căldură datorate recircularei prin preîncălzirea returului de termoficare.

economii de combustibil cuprinse între 3000 și 6000 tc.c./an grup 50 MW.

O altă posibilitate de reducere a pierderilor de căldură datorate recircularei o constituie (fig. 5*c*) utilizarea unui preîncălzitor al returului termoficării (PRT), propunerea de schemă fiind cu atît mai indicată cu cît în actualele condiții debitele returnate de la consumatorul urban (CU) au temperaturi sub valoarea prescrisă de diagrama de regim.

Se obține o creștere de 1—2 grd a temperaturii returului, cu economisirea a 2000—2500 t c.c./an grup 50 MW.

Eficiența soluției crește în situația în care uzura labirinților turbinei conduce la scăpări mai mari de abur și implicit la creșterea temperaturii condensului după răcitorul de etanșări (RE).

Concluzii

Limitarea cotelor de combustibil și cererea sporită de energie electrică au condus la exploatarea nesatisfăcătoare a schemelor și utilajelor

din CET. Pentru a se adapta cît mai bine noilor condiţii de funcţionare apărute ca urmare a crizei energetice, schemele CET trebuie îmbunătăţite şi dotate cu echipamente noi, corespunzătoare situaţiei energetice actuale. În acest sens atricolul propune modernizarea circuitului aferent prizei urbane a turbinelor de termoficare, modernizare care permite exploatarea eficientă a instalaţiilor şi realizarea de economii de combustibil (faţă de situaţia actuală), cifrate la circa 8000 t c.c./an pentru un grup de 50 MW.

Bibliografie

[1] Zemskova, M. I. ş. a. *Deaerarea în condensator cu colector de condensat de deaerare.* În : Elektriceskie stanţii, nr. 8/1971.

[2] Ermenko, L. ş. a. *Experienţa exploatării degazoarelor sub vid.* In : Energhetik, nr. 2/1981.

(Primit la 24 aprilie 1985, acceptat la 19 august 1985)

Alimentare cu căldură

Contribuţii la calculul eficienţei reale a proceselor de producere a energiei termice

Ing. Adrian Oprişoiu, ing. Adela Gîrbu*

Descriptori : termodinamică, randament, eficienţă, sisteme de încălzire, centrale electrice

Contributions to the Estimation of the Thermal Energy Production Real Efficiency

(Condensed from the paper in Romanian)

At the begining of the paper the authors show that a system thermodynamic efficiency [1] can be regarded as a maximum value, the system real efficiency tends to in case of getting the current energy losses reduced to zero $\Sigma Q_{pi} \to 0 \Rightarrow (\varepsilon_r \to \varepsilon)$. It follows that the thermodynamic efficiency has a steady effect (exclusively determined by the value of the thermodynamic losses of the combustion engines) and that the real efficiency directly depends on its thermodynamic component, whose value is comparatively steady and can be easily computed. The analysis of the relations for the thermodynamical efficiency of the various heating systems shows the influence of the system nature and temperature values of the combustion engines heat sources on the thermodynamic efficiency. Starting rom the thermodynamic efficiency values, the heating system hierarchy can be set up. The values system is flexible enough, remaining unchanged only within some domains well defined of the heat sources temperature.

The efficiency of the electric energy based systems is directly influenced by the efficiency of its productions. Therefore, the authors have computed on the basis of the statistical and scheduling data [2,3,4] and using their own computing method, the thermodynamic efficiencies values and the mean real values of the electric energy production in the thermo-electric power plants, in the district heating plants, nuclear plants and in the power system for 1983 and for 1990. The last chapter proposes a general computing relation of the real efficiency. The relation points out the two ways of increasing the real efficiency : the increasing of the thermodynamic efficiency and the system exergy losses reduction.

Introducere

Într-un studiu anterior [1] au fost comparate, pe baza eficienţei lor teoretice maxime, principalele procedee de producere a energiei termice, utilizate în prezent şi în perspectivă. În acest scop s-a calculat eficienţa termodinamică definită de relaţia :

$$\varepsilon = Q_a/Q, \qquad (1)$$

în care Q_a reprezintă valoarea maximă a energiei termice care poate fi livrată de un sistem dat, în ipoteza eliminării complete a tuturor pierderilor, cu excepţia pierderilor termodinamice la conversia energiei termice în lucru mecanic conform valorii randamentului Carnot. Termenul Q reprezintă energia primară introdusă în sistemul de producere a energiei termice.

1. Eficienţă termodinamică şi eficienţă reală

1.1. Eficienţa termodinamică ca limită a eficienţei reale

Fiecare eficienţă termodinamică corespunde unei eficienţe reale bazate pe căldura reală Q_{ar}. Pentru calculul ei se iau în considerare şi restul pierderilor din sistem notate ΣQ_{pi}.

$$\varepsilon_r = \frac{Q_{ar}}{Q} = \frac{Q_a - \Sigma Q_{pi}}{Q}. \qquad (2)$$

Deşi pierderile ΣQ_{pi} nu pot fi în general complet eliminate, existenţa lor fiind determinată de ireversibilitatea inerentă proceselor,

* Ing. Adrian Oprişoiu, ing. Adela Gîrbu — Institutul Politehnic Cluj-Napoca.

ele pot fi totuși micșorate. Aceasta spre deosebire de pierderile termodinamice care sînt fixe și deci ireductibile pentru valori date ale temperaturii surselor de căldură ale mașinii termice.

Conform relației (1):

$$\varepsilon_r = \varepsilon - \frac{\Sigma Q_{pi}}{Q}. \qquad (3)$$

Se observă în relația (3) că dacă $\Sigma Q_{pi} \to 0$, atunci $\varepsilon_r \to \varepsilon$. Eficiența termodinamică ε reprezintă, deci, valoarea maximă pe care ar atinge-o eficiența reală ε_r în cazul eliminării tuturor pierderilor reductibile de energie, fiind luate în calcul doar pierderile termodinamice care sînt ireductibile.

1.2. Relații de calcul

În tabelul 1 sînt prezentate sintetic relațiile de calcul ale eficienței termodinamice pentru diferite sisteme de încălzire utilizate în prezent sau posibile în perspectivă.

(Deducerea relațiilor a fost arătată în lucrarea [1]. tabelul de față servind la precizarea ipotezelor de lucru, a domeniului de aplicație, precum și pentru ușurarea comparării eficiențelor).

1.3. Compararea eficienței termodinamice a sistemelor

Această comparație se poate face direct cu ajutorul relațiilor din tabelul 1. Deoarece temperatura agentului de încălzire T_a este în general superioară temperaturii sursei reci a mașinii termice T_2, iar T_2 este întotdeauna mai mare decît temperatura ambiantă T_0, vom avea următoarea relație între temperaturi: $T_1 \gg T_a \gg T_2 > T_0$. Vom avea, de asemenea, $(1 - T_2/T_1) < 1$ și $T_a/(T_a - T_2) > 1$, de unde:

$$\varepsilon_3 > \varepsilon_1 > \varepsilon_2. \qquad (4)$$

Deoarece $T_2 > T_0$, mai rezultă:

$$\varepsilon_3 > \varepsilon_4. \qquad (5)$$

Din compararea relațiilor lui ε_3 și ε_5 scrise sub forma:

$$\varepsilon_3 = \frac{T_a}{T_1} \cdot \frac{T_1 - T_2}{T_a - T_2}, \qquad (6)$$

respectiv,

$$\varepsilon_5 = \frac{T_a}{T_1} \cdot \frac{T_1 - T_0}{T_a - T_0}, \qquad (7)$$

Tabelul 1

Relații de calcul al eficienței termodinamice a unor sisteme

Sistemul	Relația de calcul	Domeniul de utilizare
Centrală termică	$\varepsilon_1 = Q_a/Q = 1$	Centrală termică (CT) sau nucleară (CNE)
Încălzire electrică	$\varepsilon_2 = (1 - T_2/T_1) < 1$	Curentul electric produs în CET sau CNE
Încălzire cu căldură de la CET	$\varepsilon_3 = (1 - T_2/T_1)\frac{T_a}{T_a - T_2}$	Valabilă și pentru căldura din CET sau CNE
Pompă de căldură acționată electric	$\varepsilon_4 = (1 - T_2/T_0)\frac{T_a}{T_a - T_0}$	Curentul electric produs în CTE sau CNE
Pompă de căldură acționată de motor termic	$\varepsilon_5 = (1 - T_0/T_1)\frac{T_a}{T_a - T_0}$	Valabilă pentru orice pompă de căldură al cărui motor termic lucrează în regim de termoficare (căldură evacuată la temperatura T_a în loc de T_2)
Pompă de căldură acționată cu curent de conversie directă	$\varepsilon_6 = 1 \cdot \frac{T_a}{T_a - T_0}$	Conversia directă prin celule de combustie sau baterie de elemente solare fotovoltaice
Pompă de căldură acționată de energie mecanică naturală sau reziduală	$\varepsilon_7 = \frac{T_a}{T_a - T_0}$	Surse naturale: energie hidraulică, eoliană. Energie: reziduală cinetică, de vibrație etc.

S-a notat: T_1 — temperatura sursei calde a mașinii termice, T_2 — temperatura sursei reci, T_a — temperatura agentului termic și T_0 — temperatura mediului ambiant.

avînd în vedere relaţiile : $T_1 - T_0 \gg T_a - T_0$ şi $T_2 > T_0$, rezultă

$$\varepsilon_3 > \varepsilon_5. \tag{8}$$

Datorită relaţiei $T_2 > T_0$ vom avea şi :

$$\varepsilon_5 > \varepsilon_4. \tag{9}$$

Comparînd eficienţele ε_6 şi ε_7 cu celelalte eficienţe se observă că $\varepsilon_6, \varepsilon_7 > \varepsilon_5 > \varepsilon_4 > \varepsilon_1 > \varepsilon_2$.

Se poate arăta că $\varepsilon_6, \varepsilon_7 \geqslant \varepsilon_3$ numai dacă $T_a - T_0/T_2 - T_0 \geqslant T_1/T_2$. În cazul în care extragerea căldurii cu pompe termice se face din ambiant la temperatura T_0, sistemele examinate se plasează după mărimea eficienţei termodinamice în ordinea următoare : conversia directă, termoficarea, pompele termice, încălzirea centrală, încălzirea electrică.

În această ordine se poate produce totuşi o modificare [1] : eficienţa pompelor termice o depăşeşte pe cea a termoficării ($\varepsilon_6, \varepsilon_7 > \varepsilon_4 > \varepsilon_5 > \varepsilon_3$), dacă temperatura sursei reci a pompei termice creşte de la T_0 la o valoare $T_0' > T_2$. Aceasta se poate întîmpla practic în cazul utilizării unor surse de temperaturi mai ridicate, ca, de exemplu : căldura reziduală a unor procese, căldura apelor geotermale sau a fluidelor încălzite cu ajutorul energiei solare etc.

Ordinea sistemelor după mărimea eficienţei va fi în acest caz : conversia directă (ε_6, ε_9), pompele termice (ε_4, ε_5), termoficarea, încălzirea centrală, încălzirea electrică.

2. Calculul randamentului de producere a energiei electrice

Relaţiile din tabelul 1 pot servi pentru calculul valorilor efective ale eficienţei termodinamice, dacă se cunosc temperaturile reale ale fluidelor din maşinile termice şi din mediul ambiant (temperaturile T_1, T_2 şi T_0), precum şi temperatura agentului termic T_a. Trebuie să se ţină cont de faptul că energia ce alimentează unele sisteme este produsă simultan prin mai multe procedee, avînd fiecare alt randament termodinamic, aşa cum este cazul energiei electrice din reţea.

În prezent, în ţara noastră energia electrică provine din CTE-uri, dar şi din CET-uri şi din centrale hidroelectrice, randamentul teoretic fiind determinat numai pentru ultimele ($\eta_{t,hidro} = 1$).

2.1. Calculul randamentului termodinamic al producerii energiei electrice în CTE

În tabelul 2 este prezentat calculul randamentului termodinamic mediu la producerea energiei electrice în CTE-uri, ţinînd cont de temperaturile t_1 şi t_2 ale aburului, respectiv condensului, şi de ponderile μ estimate de către autori ale energiei electrice produse de grupurile de diferite mărimi din CTE-uri.

Avînd în vedere variaţiile parametrilor t_1 şi t_2 ai agentului termic, precum şi variaţiile de sarcină ale diferitelor grupuri, valoarea medie calculată, $\eta_{mc} = 0{,}619$, trebuie considerată orientativă, reprezentînd limita superioară a randamentului termodinamic actual al CTE.

2.2. Calculul randamentului termodinamic al producerii energiei electrice în CET

Datorită variabilităţii mari a parametrilor constructivi şi mai ales funcţionali ai CET-urilor, autorii au trebuit să recurgă la o metodă indirectă, proprie, de calcul al valorii medii a randamentului termodinamic de producere a energiei electrice în CET-uri. Acest calcul se bazează pe date statistice privind producţia de energie electrică în CTE şi CET [2,3], precum

Tabelul 2

Calculul randamentului termodinamic al producerii energiei electrice în CTE

Mărime grup / Mărimi de calcul	300 MW	200 MW	100 MW	50 MW	25 MW	<25 MW	Obs.
$\frac{t_1\ [°C]}{T_1\ [K]}$	$\frac{530}{803}$	$\frac{535}{808}$	$\frac{545}{818}$	$\frac{500}{773}$	$\frac{500}{773}$	$\frac{\sim 500}{773}$	—
$\frac{t_2\ [°C]}{T_2\ [K]}$	$\frac{35}{302}$	$\frac{27}{300}$	$\frac{27}{300}$	$\frac{37}{310}$	$\frac{37}{310}$	$\frac{\sim 37}{310}$	—
$\eta_c = 1 - T_2/T_1$	0,624	0,629	0,633	0,599	0,599	~0,599	—
$\eta_c \cdot \mu$	0,264	0,118	0,079	0,044	0,069	~0,045	—
$\eta_{c,m} = \Sigma\, \eta_c \cdot \mu$	0,619						—

și pe consumul specific cumulat de producere a energiei electrice pe bază de combustibili din CTE-uri și CET-uri [4].

La început trebuie determinate randamentele medii reale ale producerii energiei electrice în CTE și CET notate η_{CTE} și η_{CET}, pornindu-se de la consumul specific C_s, respectiv randamentul real η de producere a energiei electrice din combustibili. Se poate arăta că între aceste mărimi există relația:

$$C_s = \frac{1}{\eta} = \nu_{CTE} \cdot \frac{1}{\eta_{CTE}} + \nu_{CET} \cdot \frac{1}{\eta_{CET}}, \quad (11)$$

unde ν_{CTE} și ν_{CET} sînt ponderile energiei electrice produse în CTE, respectiv în CET față de totalul energiei electrice produse în centralele respective (CTE + CET).

Considerînd conform [5] $\eta_{CET} \approx 0{,}9$, η_{CTE} din relația (11) rezultă:

$$\eta_{CTE} = \frac{0{,}9\ \nu_{CTE} + \nu_{CET}}{0{,}9} \cdot \eta. \quad (12)$$

Deoarece conform [4] $C_s = 345$ kg c.c./MWh $= \frac{345 \times 7000}{860 \times 1000} = 2{,}808$, iar $\eta = 1/C_s = 0{,}3561$, pentru $\nu_{CTE} = 0{,}753$ și $\nu_{CET} = 0{,}247$, din relația (12) rezultă $\eta_{CTE} = 0{,}3658$, iar $\eta_{CET} = 0{,}9 \times \times \eta_{CTE} = 0{,}321$.

Exprimînd cele două randamente reale η_{CTE} și η_{CET} în funcție de randamentele termodinamice respective, conform relației (23) de la pct. 3 avem:

$$\eta_{CTE} = \eta_{c,CTE} \cdot \eta_{ex,CTE}; \quad (13)$$

$$\eta_{CET} = \eta_{c,CET} \cdot \eta_{ex,CET}. \quad (14)$$

Considerînd aproximativ același randament exergetic $\eta_{ex,CTE} \approx \eta_{ex,CET}$, din relațiile (13) și (14) rezultă:

$$\eta_{c,CET} \approx \frac{\eta_{CET} \cdot \eta_{c,CTE}}{\eta_{CTE}}. \quad (15)$$

Înlocuind valorile calculate ale lui η_{CTE}, η_{CET}, precum și randamentul termodinamic mediu $\eta_{c,CTE} = 0{,}619$, se obține

$$\eta_{c,CTE} = 0{,}543.$$

2.3. Randamentul termodinamic de producere a energiei electrice

Aplicînd relația (12) pentru calculul randamentului termodinamic de producere a energiei electrice în centralele electrice pe combustibili, bazate pe conversia termodinamică (CTE + CET) se găsește:

$$\eta_c = \frac{1}{\nu_{CTE} \cdot \frac{1}{\eta_{c,CTE}} + \nu_{CET} \cdot \frac{1}{\eta_{c,CET}}}. \quad (16)$$

Înlocuind, se obține $\eta_c = 0{,}598$.

În tabelul 3 s-a calculat valoarea medie a randamentului termodinamic global de producere a energiei electrice, la nivelul anului 1983, conform datelor statistice din [4], și la nivelul anului 1990, conform unor date de prognoză [2]. Randamentul termodinamic al producerii electricității din energie nucleară este egal cu randamentul conversiei termodinamice din centrala termică nucleară, fiind estimat aici după temperaturile agentului termic la o centrală similară [3].

2.4. Randamentul real de producere a energiei electrice

Vom încerca să estimăm, pe baza aceluiași calcul, și randamentul real de producere a

Tabelul 3

Calculul randamentului termodinamic mediu de producere a energiei electrice

Mărimea	Tipul sursei primare					Observații
	combustibili fosili	energie hidraulică	energie nucleară	energie eoliană	energie solară	
η_c	0,598	1	—	—	—	1983
$\nu\eta_c$	0,512	0,143				
$\Sigma\nu\eta_c$	0,655					
η_c	0,598	1	0,462	1	1	1990
$\nu\eta_c$	0,353	0,221	0,085	0,0045	0,0002	
$\Sigma\nu\eta_c$	0,664					

Tabelul 4

Calculul estimativ al randamentului real al producerii energiei electrice

Mărimea	Tipul sursei primare					Observații
	combustibili fosili	energie hidraulică	energie nucleară	energie eoliană	energie solară	
η	0,356	0,80	—	—	—	
$\nu\eta$	0,305	0,114	—	—	—	1983
$\Sigma\nu\eta$	0,419					
η	0,317	0,80	0,258	0,60	0,15	
$\nu\eta$	0,187	0,177	0,047	0,300	0,00003	1900
$\Sigma\nu\eta$	0,414					

energiei electrice, valoarea acestuia putînd fi utilizată atît pentru calculul eficienței reale a sistemelor de încălzire (poz. 2,3,4 din tabelul 1), cît și pentru eficiențele altor sisteme care utilizează energia electrică.

Pentru randamentele energiilor hidraulică, eoliană și solară s-au adoptat valori medii [5]. Randamentul real al producerii electricității din CNE s-a estimat pe baza randamentului termodinamic, a unui coeficient de conversie $C = 0{,}7$ și a unui randament exergetic $\eta_{ex} = 0{,}8$. La estimarea randamentului centralelor electrice pe combustibili la nivelul anului 1990 s-a ținut seama de ponderea combustibilului solid și a hidrocarburilor în consumul C.E., prognozată pentru 1990 [2].

Valorile calculate sînt estimative; calcule mai exacte pentru perioada actuală și mai ales la nivelul anului 1990, implică o cunoaștere precisă a randamentelor reale de utilizare a diferitelor energii pentru producerea curentului electric, a ponderii lor efective în balanța energiei electrice, precum și a evoluției randamentelor de utilizare a energiei primare.

3. Calculul eficienței energetice reale a sistemelor pe baza eficienței lor termodinamice

Din examinarea relațiilor prezentate în tabelul 1 a rezultat [1] o relație generală de calcul al eficienței termodinamice a unor sisteme în care au loc conversii succesive de energie, precum și extrageri de energie termică dintr-o serie de surse cu temperaturi relativ scăzute, inclusiv din mediul ambiant:

$$\varepsilon = \Pi \eta_{ii} \cdot \varepsilon_j, \tag{17}$$

unde η_{ii} sînt randamentele de tip Carnot (η_{ic}) ale mașinilor motoare, iar ε_j eficiențele de tip Carnot ale mașinilor sau aparatelor de extracție a căldurii.

Avînd în vedere că randamentele reale ale mașinilor motoare (de exemplu ale turbinelor, motoarelor cu ardere internă etc.) se pot scrie ca un produs de randamente $\eta_{ir} = \eta_{it} \cdot \eta_{i1} \cdot \eta_{i2} \cdot \eta_{i3} \ldots \eta_{in}$, iar eficiența pompei de căldură este un produs de eficiențe și randamente $\varepsilon_r = \varepsilon_t \cdot \eta_{i1} \cdot \eta_{i2} \cdot \eta_{i3} \ldots \eta_{in}$, se poate aprecia că și eficiența reală rezultantă a sistemului ce realizează conversii de energie și extrageri de căldură se poate scrie tot ca un produs de randamente și eficiențe. Eficiențele reale au, deci, aceeași structură ca și eficiențele termodinamice care au fost deduse pe o altă cale, și anume: prin calcule de bilanț ale energiilor și prin minimizarea pierderilor reductibile de energie, adică a tuturor pierderilor cu excepția celor termodinamice, care pentru condiții date de temperatură sînt ireductibile. Vom avea deci:

$$\varepsilon_r = \Pi \eta_{ii,r} \cdot \varepsilon_{j,r}. \tag{18}$$

Ținînd cont de faptul că sistemele realizează, de obicei, o singură conversie termodinamică cu randamentul teoretic η_{ic}, respectiv cu cel real η_{ir}, și o singură extragere de căldură cu eficiența termodinamică Carnot a extracției ε_c, respectiv cu eficiența reală ε_{rp}, relațiile (17) și (18) se pot scrie:

$$\varepsilon = \eta_{ic} \cdot \varepsilon_c, \tag{19}$$

respectiv,

$$\varepsilon_r = \eta_{ir} \cdot \varepsilon_{rp} \cdot \Pi \cdot \eta_{ii-1,r}, \tag{20}$$

unde:

η_{ir} este randamentul real al conversiei termomecanice;

ε_r — eficiența pompei de căldură sau a unui procedeu analog de revalorizare a căldurii, așa cum este cazul termoficării;

$\Pi \cdot \eta_{i-1,r}$ — produsul randamentelor ce corespund pierderilor reductibile de energie produse în celelalte conversii de energie sau la transformarea și la transportul energiei.

Randamentul real al mașinii termice este:

$$\eta_{ir} = \frac{L_r}{Q_m}, \tag{21}$$

unde:

L_r este lucrul mecanic real produs;

Q_m — căldura introdusă în mașina termică.

Dacă se introduce în relația (21) lucrul mecanic maxim L_c, realizat de către o mașină tip Carnot, care funcționează între aceleași temperaturi T_1, T_2 ca și mașina dată, randamentul η_{ir} se va scrie:

$$\eta_{ir} = \frac{L_r}{L_c} \cdot \frac{L_c}{Q_m}. \tag{22}$$

Notind randamentul relativ al ciclului real față de ciclul Carnot corespunzător $\eta_{ex} = L_r/L_c$ și cu $\eta_c = L_c/Q_m$ randamentul Carnot, se obține:

$$\eta_{ir} = \eta_c \cdot \eta_{ex}. \tag{23}$$

La fel, prin introducerea lucrului mecanic minim de extracție al pompei de căldură tip Carnot, L'_c, eficiența reală a pompei de căldură se scrie:

$$\varepsilon_{rp} = \frac{Q_p}{L'_r} = \frac{Q_p}{L'_c} \cdot \frac{L'_c}{L'_r}, \tag{24}$$

unde:

Q_p este căldura cedată de pompa termică;

L'_r — lucrul real cheltuit în acest scop.

Notind L'_c/L'_r eficiența relativă a ciclului real față de ciclul Carnot $\varepsilon_{ex} = \dfrac{Q_p/L'_r}{Q_p/L'_c} = \dfrac{L'_c}{L'_r}$, știind că Q_p/L'_c este eficiența pompei de căldură tip Carnot care funcționează între aceleași temperaturi (T_o, T_a) ca și pompa de căldură reală, avem:

$$\varepsilon_{rp} = \varepsilon_c \cdot \varepsilon_{ex}. \tag{25}$$

Înlocuind pe η_{ir} și ε_{rp} din relațiile (23) și (25) în relația (20), rezultă:

$$\varepsilon_r = \eta_c\, \eta_{ex}\, \varepsilon_c\, \varepsilon_{ex}\, \Pi\, \eta_{i-1,r}. \tag{26}$$

Grupind termenii, conform relației (19), relația (26) devine:

$$\varepsilon_r = \varepsilon \cdot \eta_{ex} \cdot \varepsilon_{ex}\, \Pi\, \eta_{i-1,r}. \tag{27}$$

Relația (27) arată legătura care există între eficiența reală și eficiența termodinamică a unui sistem ce realizează diferite conversii ale energiei, între care și o conversie termodinamică, precum și extrageri ale căldurii din surse de temperatură relativ joasă.

Avîndu-se în vedere valorile subunitare ale factorilor η_{ex} și ε_{ex}, precum și ale tuturor factorilor produsului $\Pi\, \eta_{i-1,r}$, rezultă clar de ce eficiență reală ε_r este considerabil mai mică decît cea termodinamică.

Termenii η_{ex} și ε_{ex}, care au permis punerea în evidență a eficienței termodinamice, nu sînt simple mărimi de legătură, ci au o semnificație fizică proprie. Astfel η_{ex} are caracteristicile unui randament energetic al mașinii termice, iar ε_{ex} pe cele ale unei eficiențe exergetice a pompei termice. Separarea eficienței termodinamice pune în evidență, în expresia eficienței reale, produsul $\eta_{ex} \cdot \varepsilon_{ex}$, care are caracterul unei eficiențe energetice a subsistemului mașină motoare-pompă căldură, care determină în mare măsură eficiența întregului sistem.

Concluzii

Studierea eficienței termodinamice a sistemelor de producere a energiei termice și îndeosebi a sistemelor de încălzire arată că expresia generală a eficienței termodinamice a unor sisteme ce prezintă conversii de energie, inclusiv conversie termodinamică, precum și extrageri de căldură, este un produs de randamente și eficiențe (rel. 17). Aceasta apare, de obicei, doar ca produs al unui singur randament termodinamic și al unei singure eficiențe termodinamice, aparținînd mașinii termice, respectiv extractorului de căldură (rel. 19).

Relația dedusă pentru eficiența reală (rel. 27) arată dependența acesteia față de eficiența termodinamică ε, dar și față de produsul $\eta_{ex} \cdot \varepsilon_{ex}$ care are caracterul unei eficiențe exergetice a sistemului mașină termică-extractor sau pompă de căldură.

În lucrarea de față sînt calculate estimativ eficiența termodinamică medie și eficiența reală medie a producerii energiei electrice, a căror cunoaștere este necesară pentru calculul eficienței termodinamice, respectiv al eficienței reale în cazul a numeroase sisteme.

Spre deosebire de eficiența termodinamică calculabilă analitic determinarea eficienței exergetice presupune efectuarea bilanțului de exergie al componentelor sistemului și, în primul rînd, al mașinii termice și a extracției de căldură. În acest scop sînt necesare măsurători directe de bilanț, dar mai ales este necesară utilizarea unor modele matematice sau fizice ale componentelor sistemului, capabile să reproducă

variația pierderilor de exergie la modificarea unor parametrii de reglaj, a sarcinii și a temperaturii surselor de căldură ale sistemului [6].

Bibliografie

[1] Oprițoiu, A. *Asupra eficienței proceselor de producere a energiei termice.* În: Energetica, 32, 1984, nr. 12, p. 563–568.

[2] Dăncilă, M. ș.a., *Scenarii de prognoză privind contribuția surselor noi de energie neconvențională în balanța de energie primară a României în perioada 1980–2000 (2020).* În: Energetica, 29, 1981, nr. 1, p. 1–13.

[3] Nitu, V. *Energetică generală și conversia energiei.* București, E.D.P., 1980.

[4] * * * *Anuarul statistic al R.S.R., 1984,* București, Direcția Centrală de Statistică, 1985.

[5] Nitu, V. *Bazele teoretice ale energeticii.* București, Edit. Acad. R.S.R., 1977.

[6] * * * *Exergia și îmbunătățirea energetică a procedeelor industriale.* În: Energie plus, nr. 26, Paris, oct. 1983, p. 20–22.

(Primit la 23 martie 1985, acceptat la 24 iulie 1985)

Tehnologii chimice în energetică

Poluare

Studiul dispersiei atmosferice de poluanți prin simulare în canal hidraulic

Dr. ing. Adrian Radu, dr. ing. Iancu Hîncu, ing. Mihail Luca, ing. Constantin Horga, dr. chim. Maria Maftei, ing. Cornel Moțiu*

Descriptori: modelare fizică

Obiectul cercetării

În cadrul acțiunilor privind realizarea programului de dezvoltare și modernizare a bazei energetice a țării se acordă o atenție deosebită dispersiei gazelor emise prin coșuri de fum. Pentru aprecierea concentrațiilor de poluanți la nivelul terenului, în condiții de relief accidentat, caracteristice multor centrale energetice din țara noastră, s-a recurs la modelarea fizică analogică a penelor de fum cu flotanță pozitivă în canal hidraulic. Cercetările au avut ca obiect stabilirea unor metode adecvate de reproducere a fenomenului de dispersie pe bază de similitudine și s-au referit la centralele termoelectrice din Iași, Deva-Mintia și Anina.

1. Stadiul problemei la nivel mondial

1.1. Cu toate eforturile depuse și succesele obținute în direcția dezvoltării metodelor de calcul analitic și numeric, calea modelărilor fizice este apreciată ca singura care poate permite o analiză aprofundată a problemei atunci cînd în calea curenților de aer care dispersează pana de fum se află obstacole importante determinate de relief sau construcții mari [1].

Procesul de difuzie a gazelor datorită amestecului turbulent este bine înțeles în principiu. Totuși, metodele de calcul bazate pe evaluarea înălțării penei de fum datorită impulsului și flotabilității, după care se consideră că pana ar fi neflotantă, țișnind dintr-o sursă orizontală situată la înălțimea de ascensiune astfel evaluată, conduc la rezultate sigure numai atunci cînd domeniul de dispersie este oarecum ideal: teren plan și sursă de emisie care depășește, datorită înălțimii, zona în care se resimte prezența construcțiilor și terenului.

1.2. Limitele actuale de utilizare a metodelor de calcul numeric pentru soluționarea problemelor de dispersie în atmosferă sînt ilustrate de procedeul hibrid aplicat în Anglia pentru studiul răspîndirii fumului și căldurii pe platformele marine [2]. Cîmpul spațial de viteze se stabilește în tunel aerodinamic, iar datele obținute prin modelare fizică sînt preluate de un calculator care indică în final concentrațiile de poluant și temperaturile de platformă.

1.3. Există în prezent un acord general asupra faptului că următoarele situații implică reproducerea fenomenului de răspîndire a gazelor pe bază de modele fizice [3]:

— cînd pana de fum este atrasă în jos datorită vîrtejurilor provocate de clădiri sau chiar de coșul de fum:

— dispersia penei de fum are loc deasupra unui teren cu relief complex;

— cînd apare o stratificație termică defavorabilă a atmosferei.

* Dr. ing. Adrian Radu, dr. ing. Iancu Hîncu — profesori, ing. Mihail Luca — șef lucrări, ing Constantin Horga — I.P. Iași, dr. chim. Maria Maftei, ing. Cornel Moțiu — cercetători științifici principali la ICEMENERG.

Probleme de acest fel pentru zonele Gibraltar [4] și Bayview Hill din San Francisco au fost simulate cu succes la scara 1 : 5000 ... 1 : 800, rezultatele fiind apreciate ca deplin satisfăcătoare [1]. Sînt, de asemenea, semnalate multe studii recente efectuate în canal hidraulic [5].

Limitele metodelor analitico-numerice de prevedere a imisiunilor sînt determinate și de următoarele cauze :

— înălțimea de ascensiune a penei de fum se apreciază pe baza unor relații destul de controversate, ale căror rezultate diferă între ele ;

— se admite că pana ar avea o evoluție perfect simetrică și că în orice secțiune verticală concentrațiile ar urmări o distribuție normală de tip Gauss.

1.4. Încercările pe bază de modelare fizică sînt un mijloc eficient de prevedere a imisiunilor, dar este evident că valoarea rezultatelor depinde în mod esențial de :

— respectarea criteriilor de similitudine în care intervin parametrii principali ai fenomenului ;

— utilizarea unor mijloace corespunzătoare pentru efectuarea cercetărilor (tunel aerodinamic sau canal hidraulic de mari dimensiuni) ;

— existența unei anumite experiențe în efectuarea experimentărilor, deoarece modelarea nu este numai o tehnică, ci și o artă.

2. Justificarea încercărilor în canal hidraulic

2.1. În cadrul Institutului Politehnic Iași s-a recurs la modelarea fizică în canal hidraulic pe bază de analogie între :

— fenomenele aerodinamice de dispersie turbulentă a unui amestec de gaze flotante sub influența vîntului ;

— dispersia turbulentă în canal hidraulic a unui lichid mai ușor ca apa și perfect miscibil cu aceasta.

Cele două fenomene sînt calitativ diferite, dar prezintă o identitate perfectă a ecuațiilor care modelează matematic procesele, astfel încît analogia este justificată.

2.2. Din punct de vedere practic, utilizarea canalului hidraulic a oferit următoarele avantaje :

— disponibilitatea unui canal hidraulic cu dimensiuni corespunzătoare (tunelul aerodinamic mare al Institutului Politehnic Iași urmează a intra în funcțiune) ;

— posibilitatea realizării vitezelor mici impuse de criteriul Froude, asigurîndu-se totuși curgerea turbulentă, deoarece viscozitatea cinematică a apei ($\nu_{apă} = 0{,}010$ cm^2/s) este sensibil mai mică decît cea a aerului ($\nu_{aer} = 0{,}150$ cm^2/s) ;

— posibilitatea simulării flotabilității emisiei cu un amestec de apă și alcool etilic ;

— controlul mai simplu al debitelor și vitezelor, vizualizarea și măsurarea foarte precisă a concentrațiilor pe probe recoltate.

3. Condiții de similitudine. Dificultăți de ordin practic

3.1. Ținînd seama de mărimea zonelor modelate, au fost adoptate scări de reducere a lungimilor $S_L = 1/5000 \ldots 1/1000$. Acestea au fost respectate integral, inclusiv pentru diametrul gurii de evacuare a coșului și pentru grosimea stratului limită al atmosferei terestre, în care viteza medie la înălțimea Z, variază după o lege exponențială :

$$V_Z = V_{Z_1} \cdot \left(\frac{Z}{Z_1}\right)^a, \qquad (1)$$

unde a este o constantă ce depinde de rugozitatea terenului.

Scări $S_L \leqslant 1/5000$ nu permit reproducerea corectă a formelor de relief și a coșului de fum. Chiar și la scările utilizate, a fost necesar ca interiorul coșului machetă să fie executat rugos pentru a determina o curgere turbulentă în interiorul său, considerînd că o emisie de jet laminar ar denatura forma penei de fum lîngă orificiul de ieșire.

3.2. O modelare perfectă ar implica simularea completă a structurii vîntului, oglindită statistic prin profilul vitezei medii deasupra terenului, intensitatea turbulenței și densitatea spectrală de energie. Ar fi, de asemenea, necesară respectarea criteriilor Reynolds, Rossby, Richardson și Eckert.

— Condiția referitoare la profilul de viteză medie a fost respectată potrivit relației (1). În general lipsesc date suficiente obținute din observații meteorologice care să precizeze această variație de amplasament. Pe model au fost reproduse obstacole din amonte, rugozitatea terenului și formele de relief din zonă.

— În ceea ce privește intensitatea turbulenței și densitatea spectrală de energie, acestea au fost apreciate numai calitativ, mai ales din cauza lipsei unor mijloace adecvate de măsurare a acestor valori medii statistice. S-a avut în vedere faptul că scara energiei disipate prin curgerea turbulentă S_E este legată de scările vitezei S_V și lungimilor S_L printr-o relație de forma [6] :

$$S_E = S_V^3 / S_L . \qquad (2)$$

3.3. Admițînd că structura vîntului la intrarea în zona modelată este corect simulată, ceea ce s-a obținut folosind generatoare de vîrtejuri sub formă de dinți triunghiulari, o modelare perfectă ar implica în plus și satisfacerea condiției de egalitate a numerelor Reynolds pentru

scara naturală și model, astfel încît cîmpul de viteze să fie identic. Această condiție nu poate fi îndeplinită din motive de ordin practic (imposibilitatea realizării unor viteze suficient de mari) și din motive de ordin teoretic (respectarea criteriului Froude implică viteze mult mai mici în model decît în natură). Însă numeroase experimentări au permis să se constate că, exceptînd scurgerea pe lîngă suprafețe rotunde, netede, fenomenul este automodelat pentru orice situații în care se asigură $\mathrm{Re} > \mathrm{Re}_{critic}$. La modelările în canal hidraulic, luînd ca referință o lungime de un metru,

$$\mathrm{Re} = \frac{10 \times 10}{0{,}01} = 1 \cdot 10^5 . \qquad (3)$$

Rezultă astfel că automodelarea este asigurată [7]. În ceea ce privește forma obstacolelor naturale, aceasta este neaerodinamică și rugoasă. Concluzia este importantă, deoarece chiar la cele mai înalte coșuri pana este afectată, cel puțin în partea sa inferioară, de către vîrtejurile cauzate de obstacolele de pe teren și de direcția local ascendentă sau descendentă a liniilor de curent.

Criteriile Rossby, Richardson și Eckert au fost neglijate, ceea ce înseamnă că nu se ține seamă de rotirea pămîntului (forța Coriolis), de stratificația termică a atmosferei și de compresibilitatea aerului.

3.4. O serie de condiții se referă la pana de fum și interacțiunea acesteia cu masele de aer în mișcare.

— Flotabilitatea penei de fum implică egalitatea criteriului Froude

$$\frac{\Delta \rho_{g,N}}{\rho_N} \frac{L_N}{V^2_{V,N}} = \frac{\Delta \rho_{g,M}}{\rho_M} \frac{L_M}{V^2_{V,M}}, \qquad (4)$$

precum și a raportului densităților fluidelor:

$$\frac{\rho_{g,N}}{\rho_N} = \frac{\rho_{g,M}}{\rho_M} . \qquad (5)$$

Energia cinetică a penei de fum și a vîntului implică egalitatea expresiilor:

$$\frac{\rho_{g,N} \cdot V^2_{g,N}}{\rho_N \cdot V^2_{V,N}} = \frac{\rho_{g,M} \cdot V^2_{g,M}}{\rho_M \cdot V^2_{V,M}}, \qquad (6)$$

în care:

ρ_N, ρ_M — densitatea aerului și cea a apei care îl modelează;

ρ_{gV} — densitatea emisiei din coșul de fum;

$V_{V,N}$, $V_{V,M}$ — viteza vîntului și viteza apei în canalul hidraulic;

$\Delta\rho = \rho - \rho_g$ respectiv pentru natură și model;

N, M — indicii pentru condițiile din natură și din modelare.

Se observă că o condiție suplimentară referitoare la viteze, avînd forma:

$$\frac{V_{V,N}}{V_{g,N}} = \frac{V_{V,M}}{V_{g,M}} \qquad (7)$$

se reduce de fapt la cele precedente.

3.5. Notînd cu S_L scara lungimilor, cu $S_{V,v}$ scara vitezei vîntului și cu $S_{V,g}$ scara fluidului emis la gura coșului de fum, din condițiile (4) și (6) rezultă:

$$S_{V,g} = S_{V,v} \sqrt{\frac{\left(\frac{\rho_g}{\rho}\right)_N}{\left(\frac{\rho_g}{\rho}\right)_M}} \text{ și } S_{V,v} = \sqrt{S_L} \cdot \sqrt{\frac{\left(\frac{\Delta\rho}{\rho}\right)_M}{\left(\frac{\Delta\rho}{\rho}\right)_N}} . \qquad (8)$$

În cazul modelării în canal hidraulic pentru un coș de fum care emite gaze fierbinți avînd densitatea $\rho_{g,N} = 0{,}835$ kg/m³, la scara $S_L = 1/5000$ și ținînd seamă de posibilitatea utilizării unor amestecuri de apă—alcool cu densitățile $\rho_{g,M} = 0{,}835 \ldots 0{,}900$ kg/m³, rezultă valorile utilizabile în practică indicate în tabelul 1.

Se observă că respectînd condițiile Foude și pe cea referitoare la impuls, se introduce o distorsiune în privința concentrațiilor, distorsiune care poate fi ușor corectată la interpretarea rezultatelor. De asemenea, se mai cauzează o distorsiune privind raportul densităților. Asupra acesteia nu există încă o opinie formată [1,3]. Din această cauză s-a preferat modelarea cu scările $S_{V,v} = 1/100$ și $\rho_{V,g} = 1/112$, luînd $\rho_{g,M} = 0{,}835$ pentru care distorsiunea referitoare la raportul densităților este cea mai mică.

4. Modelări realizate și rezultate

4.1. Prima modelare a fost realizată prin CET Iași, la scara $S_L = 1/1000$. Simularea penei de fum a fost limitată la impuls care a fost mărit pentru a compensa lipsa de flotabilitate. În afară de concluziile referitoare la metodologie, s-a constatat că variind raportul $V_{g,M}/V_{v,M}$, distanța de întîlnire a penei de fum cu terenul crește aproape liniar. În ceea ce privește relieful, datorită faptului că terenul

Tabelul 1

Scările vitezelor		Densitatea fluidului emis în model,	Raportul între densități		Valori constante
$S_{V,v}$	$S_{V,g}$	$\rho_{g,M}$	$\frac{\rho_{g,N}}{\rho_N}$	$\frac{\rho_{g,M}}{\rho_M}$	
$\frac{1}{128,450}$	$\frac{1}{181,660}$	0,900	0,696	0,900	$\rho_N = 1,2000$
$\frac{1}{110,000}$	$\frac{1}{124,890}$	0,864	0,696	0,864	$\rho_M = 1,000$
$\frac{1}{100,000}$	$\frac{1}{111,600}$	0,835	0,696	0,835	$\rho_{g,M} = 0,835$

prezintă mai întîi o zonă de cîmpie și apoi dealuri, pînă la o anumită viteză a vîntului pana este împinsă în sus, depășind astfel ridicăturile aflate la aceeași cotă cu vîrful coșurilor. Dacă raportul $V_{g,M}/V_{v,M}$ este redus din cauza creșterii vitezei vîntului modelat, ascensiunea penei de fum devine insuficientă pentru a depăși dealurile. Vîrtejurile care iau naștere înaintea dealului ating partea inferioară a penei de fum și o trag în jos (fig. 1).

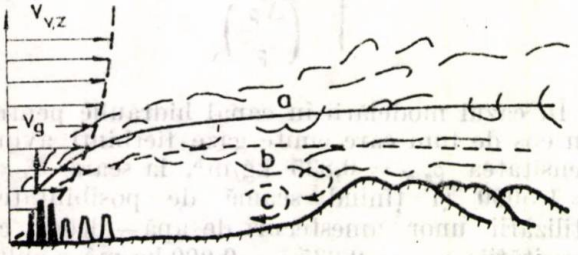
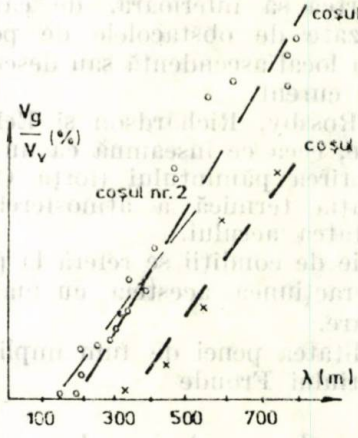


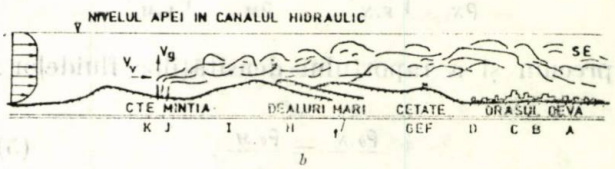
Fig. 1 Modelarea dispersiei penei de fum la CET-Iași. Prezentare schematică : a-axa penei la valori mari ale raportului V_g/V_v; b-idem la valori mici ale raportului V_g/V_v; c-vîrtejuri determinate de dealuri.

4.2. A doua modelare a fost realizată la scara $S_L = 1/5000$, avînd ca obiect zona dintre CTE Mintia și orașul Deva. Între centrală și localitate există o zonă de dealuri mari. Se poate spune că orașul se află în umbra acestora. Simularea a reprodus atît impulsul, cît și flotabilitatea penei, însă nu a fost suplimentată turbulența curgerii peste cea rezultată în mod natural, datorită obstacolelor și rugozităților dispuse în amonte de centrală și în aval. Ascensiunea penei a corespuns cu cea rezultată în calcul potrivit relației lui Holland, avînd în plus o suprainălțare suplimentară datorită dealurilor. Acest efect a putut fi evidențiat cu ajutorul unei pene de fum, care a fost emisă special cu direcția orizontală, însă la înălțimea de ascensiune calculată. Înălțimile dintre centrală și oraș au în general un efect favorabil, protejîndu-l la viteze mari ale vîntului (fig. 2).

Pentru urmărirea penei de fum prin fotografiere, au fost folosiți diferiți coloranți și în special fluoresceină, care a permis și determinări cantitative de mare sensibilitate, pentru concentrațiile la nivelul terenului. În paralel au fost executate și determinări asupra ionului de sodiu.



a



b

Fig. 2a. Variația distanței de întîlnire a penei de fum cu terenul, la diverse valori ale raportului V_g/V_v pe baza observațiilor în canal hidraulic.
b. Modelarea dispersiei penei de fum la CTE Deva-Mintia. K ... A — prize pentru recoltarea probelor; f-fundul canalului hidraulic.

4.3. O altă modelare a fost realizată pentru zona CTE Anina—orașul nou Anina. A fost modelat întîi terenul plan, apoi cel real, accidentat. Turbulența curgerii a fost stimulată cu generatorare de vîrtejuri sub formă de dinți triunghiulari. Spre deosebire de situația de la Deva, în direcția localității nu se mai află un dig format de dealuri transversale, ci văi încrucișate și coline înalte. Din această cauză pana de fum este atrasă mai repede în jos în văi.

Concentrațiile la nivelul terenului, determinate prin analiza de laborator a probelor recoltate în timpul experimentării, au permis să se constate valori crescătoare la trecerea de la modelarea inițială cu teren plan la cea cu relieful real și cînd viteza vîntului a fost mărită succesiv de la 8 ... 12 m/s. Situația este prezentată schematic în figura 3.

Fig. 3. Modelarea dispersiei penei de fum la CTE Anina: a-vîrtejuri cauzate de relief; b-curenți descendenți în văi; c-fundul canalului.

Concluzii

Experimentările efectuate în canalul hidraulic al Catedrei de Hidraulică și Hidroameliorații de la Institutul Politehnic din Iași au permis să se constate că modelarea fizică este un mijloc eficient de examinare a evoluției penei de fum și de prognozare a concentrațiilor de poluant sub influența vîntului, deasupra unui teren cu obstacole mari, care modifică mult cîmpul de viteze și turbulența în raport cu un teren plan. Modelarea este utilă, atît la proiectarea de noi unități energetice, cît și la transformarea celor existente pentru folosirea altor combustibili. Față de alte procedee de modelare cunoscute pe plan mondial, caracterizate prin utilizarea apei sărate ca efluent și a unei machete care se dispune cu fața în jos, procedeul aplicat este mai avantajos, permițînd o libertate mai mare în organizarea experimentărilor.

Bibliografie

[1] Cermak, J. *Applications of Fluid Mechanics to Wind Engineering*. A Freeman Scholar Lecture, 1974

[2] Dean, R. *Computation Atkins Flow Evaluation*, CAFE, 1979.

[3] Isyumov, N., Tanaka, H. *Wind Tunnel Modelling of Stack Gas Dispersion. The Univ. of Western Ontario*, BLWT Lab., 1979.

[4] Cook, N., Coulson, B. *Wind Conditions around the Rock of Gibraltar*, BRE, CP 22/1978.

[5] Rigard, J. *Etude sur modèle en analogie hydraulique d'un problème de pollution atmosphérique en site urbain* Tech. Sanit. Municipale L'eau, 2/1978.

[6] Landau, L., Lifchitz, E. *Mécanique des fluides*. Ed. MIR, Moscova, 1971.

[7] Snyder, W. *Similarity Criteria for the Application of the Fluid Model to the Study of Air Pollution Meteorology*. Bound. Layer Met., 3/1972.

[8] Détrie, J. *La pollution atmosphérique*. Dunod, Paris 1969.

[9] Wark, K., Warner, C. *Air Pollution. Its Origin and Control*. Harper & Row, New York, 1981.

(Primit la 12 iunie 1984, acceptat la 6 iulie 1984)

Centrale nuclearoelectrice

Aspecte ale dezvoltării energeticii nucleare

Dr. ing. Gheorghe Bălan, ing. Alexandru Blada, ing. Constantin Racoveanu, dr. ing. George Manolescu *

Descriptori: centrale nuclearoelectrice, prognoză

1. Ritmuri înalte de creștere, economicitate, siguranță în exploatare

În ciuda scăderii pronunțate a ritmului de creștere a consumului și producției de energie pe plan mondial în ultimii ani, situație ce va continua pînă la sfîrșitul acestui deceniu sau chiar mai departe [7, 8], energetica nucleară continuă să meargă înainte într-un ritm susținut. Se prevede că puterea instalată în centralele nuclearoelectrice din întreaga lume va continua să crească într-un ritm anual de 11—15%; corespunzător va crește și energia electrică produsă de grupurile din aceste centrale. Pe baza datelor din [1,2,10,11] și a unor date publicate la sfîrșitul anului 1984 — începutul anului 1985 în presă (România și U.R.S.S.), a fost sintetizată situația din tabelul 1. Încă din anul 1984, mai bine de jumătate din energia electrică produsă în Franța era generată în centralele nuclearoelectrice și se prevede ca în 1985 energia nucleară să intre cu 20 % în balanța energetică a țării și cu aproape 65 % în cea a energiei electrice. În Uniunea Sovietică, în anul 1984, au fost puse în funcțiune capacități nuclearoelectrice cu o putere de 5400 MWe și se preconizează ca în anii următori ritmul să atingă 10 000 MWe/an. În Statele Unite, în perioada anilor '70 au fost anulate comenzi anterioare pentru 110 reactoare, însumînd o putere proiectată de aproximativ 120 GWe, ca urmare, în principal, a unor prevederi mai mici de creștere a cererii de energie electrică, a concurenței cărbunelui și a greutăților de finanțare a investițiilor [15, 16]. Se estimează, totuși, că din centralele nuclearoelectrice rămase în construcție, cele ce aveau în 1983 un grad de realizare de peste 45 % vor fi sigur date în exploatare pînă în 1990; ca urmare, ponderea energiei electrice de

* Dr. ing. Gheorghe Bălan, ing. Alexandru Blada — ICEMENERG, ing. Constantin Racoveanu — I.N. Cernavoda, dr. ing. G. Manolescu — ISPE.

Tabelul 1

Puterea instalată și producția de energie electrică în centralele nuclearoelectrice (CNE)

Țara sau regiunea	Puterea nominală netă			Energia electrică produsă în CNE în 1983		Factorul de disponibilitate în energie al CNE în 1983	Costul energiei electrice nucleare în 1981
	1983	1985	1990	Cuantum	Ponderea în totalul energiei electrice		
	GWe	GWe	GWe	TWh	%	%	$/MWh
S.U.A.	64,40	81,3—93,0	106,6—114	313,6	12,7	55,6	53,1
Franța	27,23	31,6—39,3	47,5—56,4	144,2	48,4	60,5	47,2
Țările CAER	17,40[1]	26,0[2]	circa 100	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Japonia	19,03	20,9—22,8	25,9—29,4	104,5	20,0	63,9	n.d.
R.F.G.	11,09	12,6—16,5	18,0—19,3	64,7	17,9	66,6	61,6
Marea Britanie	8,81	10,7	11,9—13,2	50,0	17,0	64,8	73,9
Canada	7,63	7,6—9,8	12,0—12,7	53,0	11,6	79,1	23,3
Suedia	7,33	7,3—8,4	9,4	40,5	37,8	63,1	41,9
Țări nesocialiste în curs de dezvoltare	7,66	9,4—12,4	16,4—22,4	33,7	n.d.	53,2	n.d.
Total mondial[3]	circa 190	230—260	370—450	976	11,6	n.d.	n.d.

Notă

n.d. — nedisponibil date

1) Situația în octombrie 1981.

2) Existent în 1984.

3) Au fost luate limitele cele mai largi întîlnite în sursele consultate [1, 2, 10, 11], referitoare la puterea instalată prognozată pentru 1985 și 1990.

$$\text{Factorul de disponibilitate} = \frac{\text{Energia produsă în 1983}}{\text{Puterea la sfîrșitul anului} \times 8760} \cdot 100$$

origine nucleară va ajunge la 19,7 % în balanța electroenergetică a țării. La mijlocul anului 1984 puterea netă în funcțiune a centralelor nuclearoelectrice din S.U.A. atinsese 66 000 MWe [15].

Ritmul cel mai înalt de creștere a energeticii nucleare în acest deceniu va fi atins în țările CAER. Încă la sfîrșitul anului 1981 [1], erau în construcție sau comandate 92 unități cu o putere totală de peste 74000 MWe, din care peste 70 % în Uniunea Sovietică ,ceea ce va face posibil ca, potrivit unor estimații publicate de acad. Iuri Siriaiev, puterea nuclearoelectrică în funcțiune la sfîrșitul acestui deceniu în țările CAER să ajungă la 100 000 MWe [16].

Prognozele privind dezvoltarea capacităților și producției de energie electrică de origine nucleară pe termen mediu variază, potrivit unor rapoarte naționale și internaționale [2,3, 10, 11], în limite destul de largi. În anul 2000 energia nuclearoelectrică va reprezenta circa 23 % din energia electrică produsă pe glob, lăsînd mult în urmă energia hidroelectrică (circa 15 %).

Țara noastră se înscrie în rîndul țărilor care au luat o foarte serioasă opțiune nucleară în domeniul energiei. Documentele celui de al XIII-lea Congres al Partidului Comunist Român prevăd ca în 1992—1993 în România să fie în funcțiune centrale nuclearoelectrice cu o putere totală de 12000 MWe. Sînt în diferite faze de construcție unitățile CNE Cernavodă și în faze înaintate de studiu și proiectare alte două centrale nuclearoelectrice ce vor fi situate în Transilvania și Moldova.

Centralele nuclearoelectrice au ajuns competitive cu centralele termoelectrice, atît în ceea ce privește siguranța în funcționare, cît și în ceea ce privește costul energiei electrice produse. Factorul mediu de disponibilitate în energie a puterii instalate depășește în cîteva țări 60 %, cifră care ar putea fi invidiată de unele centrale termoelectrice pe cărbune.

În Canada, unde întreaga putere nucleară este produsă cu reactoare tip CANDU (filieră utilizată și la CNE Cernavodă) factorul de disponibilitate a fost de 76,5 % în 1982 și de 79,1 % în 1983.

Factorul de disponibilitate crește odată cu „maturizarea" grupului și cu obținerea de experiență prin instalarea mai multor grupuri. Pentru primele unități nuclearoelectrice din Franța, factorul global de disponibilitate a evoluat astfel [18]:

Anul	Nrmăr de unități analizate	Disponibilitate observată (%)
1	26	55
2	22	56
3	21	70
4	11	72
5	6	68

Normele internaționale [4] prevăd și ele o astfel de evoluție a disponibilității în primii ani de funcționare a grupurilor nuclearoelectrice:

45,7 % (corespunzător la 4000 ore de funcționare anuală la puterea nominală) în primul an;

60,5 % (corespunzător la 5300 ore) în al doilea și al treilea an;

70,8 % (corespunzător la 6200 ore) în al patrulea an.

Pe lîngă faptul că centralele nuclearoelectrice au devenit o sursă sigură de alimentare, energia electrică produsă în aceste centrale este mai economică în raport cu energia electrică produsă prin arderea combustibililor fosili în centralele termoelectrice. Astfel, în Franța, în actualele condiții economice, se prelimină, la nivelul anului 1990, următoarea structură a prețului de cost (cenți/kWh) pentru diferite tipuri de centrale termoelectrice [19]:

— cenți/kWh —

	CTE cu combustibil:		
	Nuclear	Cărbune	Păcură
Total preț de cost:	19,2	30,1	63,2
în care:			
Investiții	10,1	6,9	5,8
Exploatare	4,0	3,8	3,6
Combustibil	5,1	19,4	53,8

Se observă că economicitatea energiei nucleare provine practic din costul mult mai redus al combustibilului nuclear în raport cu cărbunele și petrolul. În timp ce în prețul unei kWh cheltuielile de exploatare sînt aproximativ egale pentru cele trei tipuri de centrale, iar cota-parte ce revine amortizărilor este cu 30—40 % mai mică la centralele pe cărbune și păcură, cheltuielile pentru combustibil sînt, dimpotrivă, mai mari cu 380 % pentru cărbune și cu peste 1000 % pentru păcură față de combustibilul din CNE.

Corespunzător unor date provenind din surse elaborate de organisme oficiale ale două „mari puteri nuclearoenergetice", S.U.A. și Franța [2, 4], și care nu utilizează reactoare CANDU, rezultă că CNE din Canada echipate cu astfel de reactoare asigură coeficientul cel mai bun de utilizare a puterii instalate și prețul de cost cel mai scăzut al energiei electrice produse, în comparație cu toate celelalte țări capitaliste dezvoltate, care utilizează reactoare PWR, BWR și GCR.

Unul din factorii obiectivi care dezavantajează energetica nucleară în raport cu energetica combustibililor fosili, pe lîngă complexitatea tehnologică și costul ridicat al investiției specifice, este durata relativ mare de realizare a centralelor. Ea variază, desigur, în funcție de condițiile specifice ale amplasamentului, de tipul centralei, de capacitatea și interesele constructorului și ale beneficiarului și de alți factori proprii fiecărei țări.

În Franța, țara cu o foarte puternică dezvoltare nuclearoelectrică, durata de construcție a unităților de 900 MWe [4], considerată de la turnarea primelor betoane pînă la primul paralel, a variat, în majoritatea cazurilor, între 70 și 80 luni. Montarea echipamentelor și efectuarea probelor de punere în funcțiune a necesitat, în cea mai mare parte a situațiilor, între 36 și 24 luni. În general, duratele de realizare integrală variază în intervalul 60 — 130 luni, în funcție de complexitate și experiență (fig. 1) [19].

Una din problemele mult discutate la implementarea centralelor nuclearoelectrice într-un sistem energetic o constituie modul lor de funcționare: cu sarcină constantă (deci în regim de bază) sau cu sarcină variabilă (în regim de semibază). În prezent toți furnizorii de CNE recomandă funcționarea de durată în regim cu sarcină constantă. În condițiile în care însă ponderea CNE în balanța de producere a energiei electrice este importantă, funcționarea CNE cu sarcină constantă nu asigură supleţea necesară în acoperirea curbei de sarcină. Din această cauză în Franța, prima țară din lume cu o participare a CNE în producția de energie electrică de peste 50 % [20], s-a reușit, pe parcursul a mai multor ani, în cadrul unor echipe mixte furnizor-utilizator, adaptarea CNE pentru a intra în reglajul frecvență-putere, Franța fiind prima țară din lume cu o asemenea realizare [19, 20].

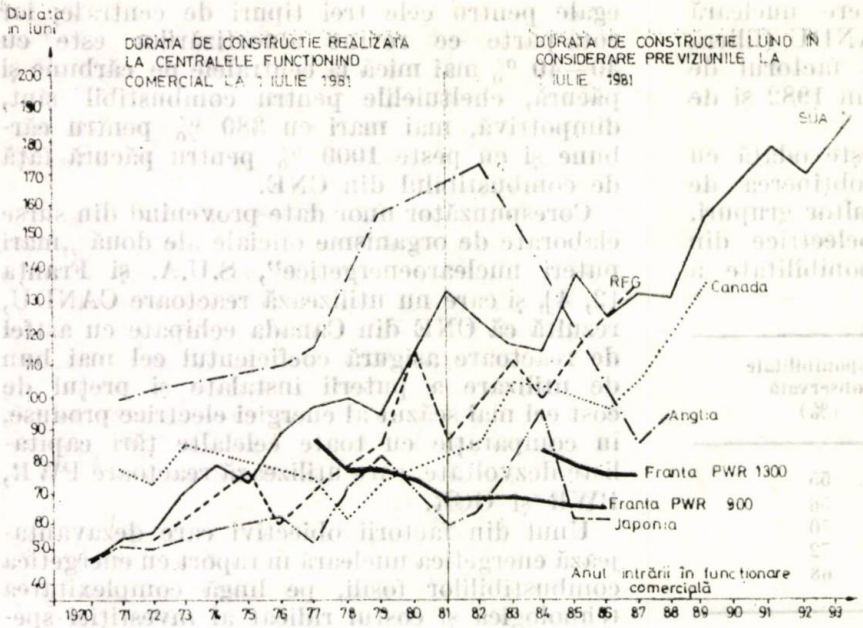


Fig. 1. Curbe privind duratele medii de construcție la centralele nuclearoelectrice. Notă. Durata medie de construcție (perioada dintre începerea lucrărilor și intrarea în funcționare comercială) în: Canada, Franța, R.F.G., Japonia, Anglia, S.U.A. pentru unități echipate cu reactoare de un tip industrial dezvoltat (AGR, BWR, PWR, PHWR, CANDU).

2. Filierele utilizate

Întreaga cantitate de energie electrică generată în CNE în momentul de față are la bază energia termică obținută în reactoarele nucleare, prin fisiunea uraniului, într-o reacție în lanț controlată. Agentul de răcire fluid al reactorului extrage această căldură la o temperatură de cîteva sute de grade Celsius și o transferă, direct sau prin intermediul unor generatoare de abur, pentru a fi prelucrată într-o turbină cu abur, în majoritatea cazurilor saturat, după un ciclu termic asemănător celor al centralelor termoelectrice.

Există mai multe tipuri principale de reactoare — numite în general filiere — în funcție de agentul de răcire și moderatorul utilizat, gradul de îmbogățire al uraniului în izotopul fisil U—235 și temperatura agentului de răcire la ieșirea din reactor etc.

Situația mondială a reactoarelor pentru centrale nuclearoelectrice aflate în funcțiune sau în construcție în lume, în 1981—83 [1, 2], redată în tabelul 2, arată că patru filiere de reactoare cu neutroni termici s-au impus în exploatare comercială și vor rămîne și pe viitor (PWR, BWR, PHWR—CANDU și reactoare moderate cu grafit), iar alte două filiere se află în fază experimentală de prototipuri industriale (HTR și reactorul supragenerator). Ponderea covîrșitoare o dețin reactoarele răcite și moderate cu apă (H_2O) de tipul PWR (inclusiv echivalentul sovietic VVER) și BWR.

Reactoarele PWR (Pressurized Water Reactor) sînt reactoare cu apă sub presiune, la care agentul de răcire și moderatorul reprezintă unul și același volum de apă conținut în vasul reactorului și în sistemul primar de răcire, la o presiune de 125—160 bari. Temperatura la ieșirea din reactor a apei este ceva mai mică decît temperatura de saturație corespunzătoare presiunii din circuit: 300—330°C. Drept combustibil, reactoarele PWR utilizează uraniu îmbogățit, avînd un conținut de 2,5% — 3,5% în izotopul fisil U—235.

La reactoarele BWR (Boiling Water Reactor) presiunea și temperatura sînt astfel corelate încît în circuitul de răcire al reactorului se produce abur saturat, putînd astfel să lipsească generatoarele de abur.

Realizarea și exploatarea reactoarelor cu apă, atît PWR, cît și BWR, pun o problemă constructivă dificilă — realizarea vasului de presiune al reactorului. Pe de altă parte, se pune problema asigurării permanente (încărcarea reactorului se face, de regulă, o dată pe an) cu uraniu îmbogățit. Producerea uraniului îmbogățit este o operație complicată și costisitoare, care depășește posibilitățile unei țări mici sau mijlocii.

Reactoarele utilizînd apa grea (D_2O) drept moderator sînt a priori interesante, deoarece apa grea este cel mai bun moderator; are o mare putere de încetinire a neutronilor și o redusă absorbție a acestora.

Reactoare energetice experimentale moderate cu apă grea și utilizînd diferite fluide de răcire au fost realizate în mai multe țări, în decursul anilor (vezi tabelul 2).

Singura concepție care s-a maturizat tehnic și s-a dezvoltat la scară comercială este însă concepția elaborată de AECL — Canada: PHWR—CANDU (Pressurized Heavy Water Reactor—Canadian Deuterium Uranium).

Primul reactor experimental de tipul CANDU, cu o putere de 22 MWe a fost pus în funcțiune în 1962, iar în 1968 a început exploatarea la scară comercială a CNE — CANDU. Pe măsură

Situaţia reactoarelor nuclearoenergetice (RNE) în anul 1983 *Tabelul 2*

Ţara	Filiera / Stadiul	Total RNE		PWR		BWR		Moderator apă grea				Moderator grafit		Înaltă temperatură		Supragenerator	
								Total		CANDU							
		GWe	Număr reactoare	GWe	Număr reactoare	GWe	Număr reactoare	GWe	Număr reactoare	GWe	Număr reactoare	Gwe	Număr reactoare	GWe	Număr reactoare	GWe	Număr reactoare
S.U.A.	în funcţiune	64,40	80	43,57	52	19,65	26					0,85	1	0,33	1		
	în construcţie	64,73	58	44,37	39	20,36	19										
Franţa	în funcţiune	27,23	36	24,67	30			0,07	1			2,26	4			0,23	1
	în construcţie	29,16	25	27,96	24											1,20	1
U.R.S.S.[1]	în funcţiune	13,70	35	4,50	10	n.d.						n.d.		n.d.		0,35	1
	în construcţie	52,90	53	30,10	33	n.d.						n.d.		n.d.		0,60	1
Japonia	în funcţiune	19,03	28	8,78	13	9,94	13	0,15	1			0,16	1				
	în construcţie	21,53	23	10,77	11	11,46	12										
R.F.G.	în funcţiune	11,14	15	6,60	7	4,47	6	0,05	1							0,02	1
	în construcţie	18,10	16	15,02	12	2,50	2							0,30	1	0,28	1
Marea Britanie	în funcţiune	8,81	35					0,09	1			8,47	33			0,25	1
	în construcţie	5,56	8									5,56	8				
Canada	în funcţiune	7,65	14					7,65	14	7,65	14						
	în construcţie	7,50	10					7,50	10	7,50	10						
Suedia	în funcţiune	7,33	10	2,62	3	4,70	7										
	în construcţie	2,11	2			2,11	2										
Restul ţărilor[1]	în funcţiune	25,12	57	16,26	32	6,54	12	1,69	6	1,35	5	0,63	2				
	în construcţie	67,69	101	50,20	68	12,90	14	4,69	10	3,90	9						
Total mondial 1) 2)	în funcţiune	185	310	107	147	46	64	9,70	24	9,00	19	12,37	41	0,33	1	0,85	4
	în construcţie	270	296	178	187	50	49	12,09	20	11,40	19	5,56	8	0,30	1	2,08	3

[1] Pentru U.R.S.S. şi ţările CAER situaţia în 1981.
[2] Fără R. P. Chineză şi fără U.R.S.S. la filierele unde au fost date nedisponibile (n.d.). Valori rotunjite.

ce tehnologia s-a maturizat, a crescut și puterea unitară, de la 200 MWe în 1968 la 700—850 MWe. (Cele patru unități de la CNE Bruce Canada puse în funcțiune în 1977—79 au cîte 768 MWe fiecare, iar la Darlington sînt în construcție unități de 850 MWe. CNE Cernavodă va fi echipată cu unități de 700 MWe.)

Reactoarele CANDU folosesc, atît ca moderator, cît și ca agent de răcire, apa grea, dar din punct de vedere fizic cei doi agenți sînt separați. Moderatorul (avînd o puritate de peste 99,90% D_2O) este conținut în vasul reactorului, la temperaturi și presiuni coborîte (70—80°C; 1—2 bari), iar agentul de răcire (cu o puritate de circa 99,75 % D_2O) circulă prin tuburile de presiune care străbat vasul reactorului, la presiunea de 83—110 bari și temperaturi la ieșire care nu depășesc temperatura de saturație corespunzătoare: 293—309°C.

În acest fel se obțin două avantaje față de reactoarele PWR: se elimină necesitatea construirii unui vas de volum mare care să reziste în condiții de siguranță absolută la temperaturi și presiuni ridicate, iar în circuitul primar de răcire temperaturile și presiunile vor fi ceva mai coborîte decît în cazul PWR, ceea ce contribuie la creșterea gradului de siguranță în exploatare. Utilizarea D_2O, atît ca moderator, cît și ca agent de răcire, permite utilizarea în reactoarele CANDU a uraniului natural (sub formă de bioxid de uraniu UO_2) drept combustibil, ceea ce este incomparabil mai avantajos decît utilizarea uraniului îmbogățit în reactoarele cu apă sau chiar a uraniului metalic în reactoarele moderate cu grafit. Încărcarea cu combustibil este o operație care se poate și este necesar să se execute fără perturbarea funcționării normale a reactorului, deoarece rezerva de reactivitate relativ mică a reactoarelor cu uraniu natural face necesară reîmprospătarea parțială a combustibilului la intervale foarte scurte de timp, de ordinul zilelor. Acest lucru reprezintă, de asemenea, un avantaj al reactoarelor CANDU față de reactoarele cu apă, care trebuie oprite pe lungă durată (circa o lună) o dată pe an, pentru încărcare. Impune însă obligativitatea funcționării absolut sigure a unei instalații de mare precizie și complet automate, mașina de încărcare cu combustibil a reactorului.

Costul foarte ridicat al apei grele este probabil cauza majoră care a frînat răspîndirea pe scară mai largă a reactoarelor CANDU, în comparație cu reactoarele cu uraniu îmbogățit.

Atît producerea uraniului îmbogățit, cît și producerea apei grele se face prin procese de separare izotopică, procese deosebit de energointensive. O interesantă analiză făcută de acad. I. Ursu și prof. I. Purica [9] arată că pentru reactoare CANDU și reactoare PWR, în funcție de gradul de îmbogățire al uraniului, timpii de recuperare a energiei înglobate în elementele reactorului nu diferă substanțial:

CANDU	2,25 ani
PWR cu uraniu 2,6 %	1,60 ani
PWR cu uraniu 3,35 %	2,00 ani

În ceea ce privește eficiența energetică globală, adică cea a utilizării energiei primare disponibile în resursa naturală — uraniul, reactoarele CANDU sînt net superioare reactoarelor PWR și BWR — aproximativ de două ori mai eficiente — cu toate că și unele și altele sînt departe de a utiliza complet energia potențială de fisiune a uraniului natural.

Reactoarele care utilizează grafitul ca moderator au cunoscut o relativă răspîndire la începuturile energeticii nucleare, îndeosebi în Marea Britanie, Franța și Uniunea Sovietică (vezi tabelul 2), determinată de posibilitatea funcționării cu uraniu neîmbogățit și de prețul scăzut al moderatorului. Marea majoritate a acestor reactoare utilizează ca agent de răcire bioxidul de carbon sub formă de gaz: filiera reactoare răcite cu gaz (GCR — Gas Cooled Reactor). Principalele dezavantaje ale reactoarelor GCR sînt legate de calitățile de moderator destul de slabe ale grafitului în comparație cu apa grea.

În momentul de față, Marea Britanie dezvoltă un tip avansat de reactoare răcite cu gaz (ACR — Advanced Cooled Reactor), cu puteri unitare maxime în construcție de 625 și 1200 MWe. Acestea utilizează drept combustibil uraniul îmbogățit 1,5—2,5 %, ceea ce a permis ridicarea temperaturii combustibilului astfel încît în circuitul secundar se lucrează cu abur supraîncălzit de peste 560°C și 160 bari și randamentul circuitului termic crește substanțial: 41,5 %.

Uniunea Sovietică a perfecționat, de asemenea, foarte mult filiera reactoarelor moderate cu grafit și răcite cu apă în fierbere. Au fost realizate reactoarele RBMK—1000 cu puterea de 1000 MWe, cu combustibil UO_2 îmbogățit 1,8 % și sînt în construcție reactoare de 1500 și 2000 MWe de acest tip [13, 14]. Împreună cu reactoarele VVER—1000 acestea vor constitui baza dezvoltării nuclearoenergetice a Uniunii Sovietice în actuala epocă a reactoarelor termice, pînă la punerea la punct definitivă a reactoarelor cu neutroni rapizi.

Este de așteptat ca aceste patru filiere de reactoare cu neutroni termici să stea la baza dezvoltării în continuare a energeticii nucleare pînă spre sfîrșitul secolului, cînd se așteaptă că va începe exploatarea pe scară industrială a CNE cu reactoare supragenerat:re cu neutroni rapizi (FBR — Fast Breeder Reactor) și a reactoarelor de înaltă temperatură (HTR — High Temperature Reactor) aflate în prezent

în faza de prototipuri experimentale în mai multe țări (vezi tabelul 2). Eficiența utilizării uraniului natural în aceste reactoare este incomparabil mai mare decît în reactoarele cu neutroni termici, la care 2 % reprezintă limita maximă spre care se poate tinde (reactoarele CANDU) [6].

Bibliografie

[1] Mureșan, L. *Unele aspecte privind reactorii energetici nucleari*. În: Știința Modernă și Energia, vol. III, Dezvoltarea Producției de Energie. Ed. Dacia, Cluj-Napoca, 1984.

[2] * * * *Commercial Nuclear Power 1984: Prospects for the United States and the World*. Publicat de Energy Information Administration, Departamentul Energiei, SUA, noiembrie 1984.

[3] * * * *Naucino — Tehniceski prognoz reșenia toplivo — Energeticeskih problema stran-cilenov SEV na period do 2000 goda i bolee dlitelnuiu perspectivu*. Document CAER, februarie 1984.

[4] * * * *Le programe électro-nucleaire francais: situation et perspectives*. Publicat de Electricité de France, 1983.

[5] * * * *Annual Energy Outlook*. Publicat de Energy Information Administration, Departamentul Energiei, S.U.A. mai 1984.

[6] Boutin, P. ș. a. *Energie nucleaire et énergie électrique*. Editions Eyrolles, Paris, 1977.

[7] Bălan, Gh., Blada, Al. *Prognoze energetice pînă la sfîrșitul acestui deceniu elaborat în S.U.A. pentru unele zone ale lumii*. În: Energetica, 32, 1984, nr. 9, p. 389—395.

[8] Bălan, Gh., Blada, Al. *Aspecte ale dezvoltării energiei electrice în S.U.A.* În: Energetica, 32, 1984, nr. 11, p. 486—492.

[9] Ursu, I., Purica, I. *Criterii de optimizare în utilizarea complexă a energiei nucleare*. În: Energetica, 30, 1982, nr. 4, p. 151—156.

[10] * * * *World Energy Outlook*. Publicat de International Energy Agency (OECD), 1982.

[11] Șerbănescu, I. *Terra, portret în alb-negru*. Ed. Albatros, București, 1984.

[12] Leca, A. ș. a. *Procese și instalații termice în centrale nucleare electrice*. Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1979.

[13] Klimov, A. *Nuclear Physics and Nuclear Reactors* Mir. Publishers, Moscova, 1975.

[14] Margulova, T. *Nuclear Power Stations*. Mir. Publishers, Moscova, 1978.

[15] * * * *Monthly Energy Review, July 1984*. Publicat de Energy Information Administration, Departamentul Energiei, S.U.A. octombrie 1984.

[16] * * * *Nuclear Plant Cancellations: Causes, Costs and Consequences*. Publicat de Energy Information Administration, Departamentul Energiei, S.U.A., aprilie 1983.

[17] Siriaiev, I. *Strategy of Socialist Integration Through to the Year 2000*. In: New Times, nr. 3, 1985.

[18] Morin, R, Hendrick, S. *Etat d'avancement du programme de construction des centrales à eau sous pression de 900, 1300 et 1400 MWe*. În: Révue Générale Nucleaire, nr. 6, 1984.

[19] * * * *Efficient Use of Energy Sources in Meeting Hea Demand* — Raport E/ECE/1064 Publicat de ONU, 1984.

[20] * * * *Une démonstration spectaculaire du système de pilotage en „mode gris"*. In: Révue Générale Nucleaire, nr. 6, 1984.

(Primit la 17 aprilie ,acceptat la 26 august 1985)

Evoluția concepției și soluțiilor echipamentului mecanic al centralelor hidroelectrice

II. Echipamentul hidromecanic

Ing. Gheorghe Opriș*

1. Stavile

În strînsă corelare cu tendințele pe plan mondial stavila segment s-a impus aproape exclusiv ca singurul tip de organ de închidere al descărcătoarelor de suprafață.

Începînd cu primul mare descărcător de ape mari, cel al barajului Izvorul Muntelui de la Bicaz, și pînă la ultima mare lucrare, barajul de la Porțile de Fier II, cu o singură excepție (Porțile de Fier I), toate deversoarele sînt închise exclusiv cu stavile segment, fie simple, fie cu clapete ca stavile auxiliare montate pe ele. Eliminarea nișelor și reducerea forței de acționare, concomitent cu o greutate specifică comparabilă cu a stavilei plane au constituit principalele motive pentru care stavila segment s-a impus față de toate celelalte tipuri. Cu excepția primelor mari stavile segment, cele de la barajul Izvorul Muntelui, toate care au urmat au fost proiectate și fabricate în țară.

Utilizarea acționării electromecanice cu lanț la stavilele segment de pe riurile interioare și a acționării hidraulice cu ulei la cele de pe Dunăre s-a impus din considerente tehnico-economice, dat fiind că la forțe de ridicare foarte mari (cazul stavilelor de pe Dunăre) acționarea hidraulică este mai avantajoasă.

Odată cu apariția cascadelor de joasă cădere, similar centralelor, s-a pus și la baraje problema tipizării descărcătoarelor și a stavilelor acestora. Rezultatele sînt la fel de spectaculoase. Astfel, de exemplu, cascada Bistrița- aval utilizează numai trei tipodimensiuni de stavile (vane) segment, iar cascada Oltul Mijlociu numai două tipodimensiuni.

Caracteristicile de bază ale celor mai importante stavile instalate la baraje sînt date în tabelul 1.

Ca stavile ajutătoare, montate pe prag fix, sau pe stavile segment, se utilizează stavile clapetă, mai ales pentru evacuarea plutitorilor

Tabelul 1

Denumirea centralei	Tipul	Caracteristicile stavilei		Tipul acționării
		Deschidere, B [m]	Înălțimea, H [m]	
Porțile de Fier I	plană dublă	25	14,5	hidraulică
Porțile de Fier II	segment	21	15	hidraulică
Cascada Oltul Mijlociu	segment	20	8	mecanică
Cascada Bistrița	segment	20	4,2	mecanică
Cascada Oltul mijlociu și superior	segment	16	10	mecanică
Cascada Bistrița	segment	16	5,5	mecanică
Cascada Oltul inferior și superior	segment	15	13	mecanică
„V.I. Lenin" Bicaz	segment	11,5	6	mecanică

și mai puțin pentru reglajul fin al nivelului. S-au utilizat pentru deschideri pînă la 16 m și înălțimi pînă la 2,7 m.

* Ing. Gheorghe Opriș — proiectant ISPH.

2. Vane (în puț umed)

Cea mai largă utilizare o au vanele de tip plan în puț umed ca organe de închidere ale turbinelor de joasă cădere sau ale prizelor de adîncime de la centrale de medie și mare cădere. Spre deosebire de stavilele segment, acționarea vanelor plane se face, de regulă, cu servomotoare hidraulice, soluție mai avantajoasă în acest caz în care acționarea se face dintr-un singur punct și în care timpii de închidere necesari sînt mici, ca în cazul vanelor cu închidere rapidă.

Se utilizează, de asemenea, și vanele de tip segment, însă exclusiv pentru închiderea descărcătoarelor de adîncime în cazul unor secțiuni mari ale orificiilor (de regulă peste 10 m ^{2}).

Cele mai reprezentative vane în puț umed sînt cuprinse în tabelul 2.

Tabelul 2

Centrala	Tipul vanei	Caracteristicile vanei			Înălțimea coloanei de apă [m]	Forța pe vană [kN]
		Funcția	Deschiderea [m]	În înălțimea [m]		
Porțile de Fier II	plană	VIR	14,5	16	28	46400
Porțile de Fier I	plană	VIR	11	17	44	33200
Slatina „V.I. Lenin"	plană	VIR	10	8	22	14400
Bicaz	plană	VIR	5	8,25	55	13400
Turnu	plană	VIR	6	7	32	12000
Oltul Inferior	plană	VIR	7	9	23	11650
Lotru	plană	VP	3,7	5,5	60	11650
Turnu	segment	VGF	15	5,5	26	16000
Cascada Bistriței	segment	VGF	11,5	4,2	15	7800

Legenda :
VIR — vană de închidere rapidă la turbine
VP — vană de priză la tunele de aducțiune
VGF — vană de golire de fund la descărcător

3. Vane de conducte

Ca și în cazul stavilelor și vanelor în puț umed, alegerea corectă a numărului, tipului, mărimii și modului de acționare a vanelor de conductă este o problemă hotărîtoare pentru obținerea unei siguranțe corespunzătoare în condiții de eficiență maximă.

Numărul de organe de închidere (stavile, vane, batardouri) pe firul principal al unei amenajări a constituit, în perioada de început a proiectării, obiectul a numeroase studii și analize, care au luat în considerare toți factorii de influență : puterea centralei, volumul acumulării, lungimea aducțiunii, mărimea căderii, tipul conductei forțate și alți factori care reflectă varietatea de scheme. În prezent, soluția clasică cu două organe de închidere la priză și două organe de închidere la capătul de sus al conductei forțate (în total patru organe de închidere) se utilizează numai în cazul unor valori mari a tuturor factorilor de influență sus-menționați, în rest folosindu-se soluții cu 3,2 sau un organ de închidere, funcție de specificul fiecărei scheme.

În privința tipului de vane alegerea a fost mai ușoară, experiența proprie, precum și practica pe plan mondial, conturînd cu claritate domeniul fiecărui tip. Astfel :

— vanele fluture se folosesc ca vane de închidere la capătul de sus al conductelor forțate (galeriilor forțate) în exclusivitate, ca vane de închidere la turbine de cădere medie (50 la 100 m) și mai rar ca vane de golire de fund sau de priză ;

— vanele sferice — exclusiv ca vane de închidere la turbine cu căderi peste 100 m ;

— vanele plane în carcasă — ca vane de închidere ale golirilor de fund în cazul unor secțiuni mici (sub 10 m ^{2}) sau ca vane pentru prize de adîncime, tot pentru secțiuni mici (sub 15 m ^{2}) ;

— vanele—conice ca vane de lucru la goliri de fund cu secțiuni mici (sub 10 m ^{2}) ;

— vanele inelare (de tip Johnson sau similare) ca vane de reglare la goliri de fund ;

— vanele ochelari s-au folosit numai la început (barajul Izvorul Muntelui) ca vane de golire de fund, dar ulterior s-a generalizat soluția cu vane plane în carcasă.

Mărimea secțiunii închise de vanele de pe circuitul principal al unei amenajări, pentru un debit și o presiune date, a fost influențată direct de apariția crizei energetice. Tendința de reducere a secțiunii (mărirea vitezei prin vane) a fost oprită după anul 1973, scumpirea combustibilului de înlocuire avînd drept efect o reducere a vitezei și deci a pierderilor de energie admisibile.

Acționarea hidraulică cu ulei sub presiune sau cu apă din conducta forțată este aproape exclusiv utilizată atît la închidere, cît și la deschidere, cu excepția vanelor fluture de siguranță, la care închiderea se prevede cu contragreutăți. Tabelul 3 cuprinde cele mai reprezentative vane prevăzute în lucrările proiectate.

4. Porți de ecluză

Porțile sasurilor ecluzelor, deși nu deservesc obiective energetice, sînt construcții metalice hidrotehnice, ca și stavilele și vanele. Prima ecluză importantă a țării fiind cea de la Porțile de Fier I, ale cărei dimensiuni o situează printre cele mai mari de pe fluviile Europei, și dat fiind că experiența proprie era ca și inexistentă la data respectivă (1963), proiectarea s-a însușit prin cooperare cu un institut sovietic de specialitate.

Experiența acumulată la Porțile de Fier I a permis ca la lucrările ulterioare proiectarea

Tabelul 3

Centrala	Tipul vanei	Caracteristicile vanei			Forța pe vană [kN]
		Funcția	Diametrul sau dimensiunile [m]	Înălțimea coloanei de apă [m]	
„Gh. Gheorghiu-Dej"-Argeș	fluture	VCF	4	162	20000
Retezat	fluture	VCF	3,6	175	17500
Lotru	fluture	VCF	4	125	15800
„V.I. Lenin"-Bicaz	fluture	VCF	4,2	80	14000
Ruieni	fluture	VCF	3,6	140	14000
Tismana	fluture	VCF	3,6	100	9600
Retezat	sferică	VT	2,2	770	29200
Mărișelu	sferică	VT	1,8	640	12800
Ruieni	sferică	VT	1,8	480	12300
Lotru	sferică	VT	1,2	900	10250
„V.I. Lenin" Bicaz	sferică	VT	2,5	200	9600
Motru	plană în carcasă	VP	2,7×3,6	85	8260
Mărișelu	plană în carcasă	VP	3 ×4,4	61	8050
Poiana Mărului	plană în carcasă	VA	2,3×3,5	100	8050
Retezat	plană în carcasă	VGF	1,7×2,4	140	5600
Tarnița	conică	VGF	1,2	100	1100
„Gh. Gheorghiu-Dej" Argeș	inelară	VGF	1,8	160	4100
„V.I. Lenin Bicaz	ochelari	VGF	2,5	80	3900

Legendă :
VCF — vană de conductă forțată
VT — vană de turbină
VP — vană de priză
VA — vană pe aspirator
VGF — vană de golire de fund

să se facă cu forțe proprii. În prezent dispunem de o listă de referință bogată în acest domeniu (tabelul 4).

5. Alte echipamente hidromecanice

Grătarele, instalațiile de curățire ale acestora și batardourile alături de celelalte echipamente, au un rol însemnat în asigurarea funcționalității (grătarele) și a condițiilor pentru reparații (batardourile).

Pentru prizele de adîncime ale centralelor de mare cădere și cu acumulări mari s-au proiectat două soluții de grătare :

— grătare de secțiune relativ mică (viteza prin grătar 1 m/s) care se scot pentru curățire deasupra nivelului lacului (cazul CHE Lotru) sau sînt fixe și se curăță cu mașini de curățat (cazul CHE „V.I. Lenin" — Bicaz) ;

— grătare de secțiune relativ mare (viteză prin grătar maximum 0,3 m/s) fixe, soluție aplicată prima dată la CHE „Gh. Gheorghiu Dej" — Argeș, fără posibilități de curățire.

În baza experienței acumulate, care a arătat că la Bicaz mașina de curățat nu are ce curăța, iar că la Argeș, cu ocazia golirii lacului de acumulare, după 8 ani de exploatare, grătarul era curat, s-a generalizat soluția cu grătare fixe, necurățabile, la lucrările ulterioare (Mărișelu, Motru, Gilceag, Brădișor, Șugag, Remeți etc.).

Înălțimea convențională de calcul în cazul grătarelor de mare adîncime a scăzut progresiv de la 20 la 15 și în prezent este de 12 mH_2O, ceea ce a redus substanțial consumul de metal pe seama eliminării supradimensionărilor practicate în trecut din lipsă de experiență suficientă.

La centralele de joasă cădere se utilizează numai grătare prevăzute cu posibilitate de curățire (mașini de curățat sau graifere), atît în soluția cu grătare fixe înclinate, cît și în soluția cu grătare mobile, verticale.

Utilizate pentru a putea goli de apă (pune la uscat) instalațiile din aval sau din amonte în scopul controlului, reviziei sau reparațiilor, batardourile se dispun la aproape toate obiectele : baraje, prize centrale etc. în fața stavilelor și vanelor și pe ieșirile aspiratoarelor turbinelor.

Alegerea locului de amplasare, a secțiunii acestora și a tipului constructiv necesită o analiză tehnico-economică a fiecărui caz în parte. Cel mai utilizat tip constructiv este batardoul plan, glisant, din elemente, care are avantajul simplității constructive și redu-

Tabelul 4

Denumirea ecluzei	Caracteristicile porților			
	Tipul	Funcția	Dimensiunile, deschiderea înălțimea [m×m]	Înălțimea coloanei de apă [m]
1	2	3	4	5
Porțile de Fier I	plană coboritoare	de lucru	34×15,75	23,5
Porțile de Fier I	plană coboritoare	de siguranță	34×12,42	12,75
Porțile de Fier I	plană coboritoare	de lucru	34×12	11,25
Porțile de Fier I	buscată *)	de lucru	34×22,3	22
Porțile de Fier I	buscată	de reparație	34×12,5	12,7
Porțile de Fier II	plană coboritoare	de siguranță	34×7,6	7,6
Porțile de Fier II	plană coboritoare	de lucru	34×7,1	7,1
Porțile de Fier II	buscată	de lucru	34×17	13,65
Cernavodă	plană coboritoare	de siguranță	25×14,5	14
Cernavodă	plană coboritoare	de lucru	25×14,5	14
Cernavodă	buscată	de lucru	25×15	8
Cernavodă	buscată	de reparații	25×10	8
Agigea	plană coboritoare	de siguranță	25×9	8,5
Agigea	plană coboritoare	de lucru	25×9	8,5
Agigea	buscată	de lucru	25×16,5	9
Agigea	buscată	de reparații	25×8,5	8,5

*) termen consacrat pentru porți plane din două canate (foi) articulate în bajoaiere (pereți).

cerii sarcinii mijlocului de ridicare. Tabelul 5 redă caracteristicile celor mai reprezentative grătare și batardouri prevăzute în centralele realizate sau în curs de realizare.

6. Conducte și blindaje

Datorită diametrelor mari (pînă în prezent de maximum 5 metri) și presiunilor ridicate, conductele forțate ale centralelor și conductele de refulare ale stațiilor de pompare nu se pot realiza decît din metal (excepție fac numai cele de joasă cădere, sub 40 m, care se execută din beton armat). Un volum și mai mare de metal este utilizat la blindajele galeriilor cu diferite destinații: de aducțiune, forțate, de golire de fund etc. În majoritatea cazurilor ele au rolul de a asigura etanșeitatea și de a prelua, împreună cu roca și betonul dintre tola metalică și rocă, solicitările din presiunea apei. În unele cazuri (golirile de fund) blindajele sînt necesare din cauza vitezelor mari

Tabelul 5

Centrala	Caracteristici de bază					
	Tipul	Locul de amplasare	Suprafața închisă [m²]	Număr de panouri, respectiv de elemente	Dimensiunile unui panou (element) (lățime×înălțime) [m×m]	Înălțimea coloanei de apă [m]
GRATARE						
Porțile de Fier I	mobil	PS	600	2	11×27,3	3
Retezat	fix	PA	500	6	5,48×15,2	12
Porțile de Fier II	mobil	PS	348	1	14,5×24	3
Brădișor	fix	PA	312	7	4,7×9,5	20
Mărișelu	fix	PA	270	6	3,95×11,4	20
Slatina	fix	PS	165	1	11×15	3
Lotru	mobil	PA	120	4	2,5×12	3
BATARDOURI						
Porțile de Fier II	alunecător	Bam	397	6	31×3,15	18,9
Porțile de Fier I	alunecător	Bam	380	4	25×3,8	15,2
Porțile de Fier II	alunecător	Bav	331	5	21×3,15	15,3
Porțile de Fier II	alunecător	PS	300	5	14,5×4,20	28,5
Porțile de Fier I	alunecător	PS	272	7	11×3,53	42,7
Porțile de Fier II	alunecător	A	210	4	14,5×3,62	27
Porțile de Fier I	alunecător	A	133	3	11,25×3,94	34,2
Lotru	alunecător	PA	20	1	3,7×5,5	60
Retezat	alunecător	PA	13,5	1	3×4,5	115

Legendă:

PS—priză de suprafață; PA—priză de adîncime; Bam—baraj amonte; Bav—baraj aval; A—aspirator.

ale apei (peste 10 m/s), viteze la care betonul se erodează.

La primele amenajări (Moroeni, Sadu, „V.I. Lenin" Bicaz) conductele și blindajele s-au livrat gata confecționate din import (U.R.S.S. și R.S. Cehoslovacă). Începînd cu CHE „Gh. Gheorghiu Dej" Argeș (anii 1962 — 63) proiectarea și fabricarea s-au realizat în țară.

Tabla necesară confecționării în țară a conductelor și blindajelor s-a importat mai întîi în întregime (CHE Gh. Gheorghiu Dej" Argeș), iar pentru următoarele trei centrale — Lotru, Mărișelu și Gilceag — s-a importat parțial numai tabla de oțel de mare rezistență.

Începînd cu centrala Șugag, odată cu asimilarea fabricării în țară a oțelului de mare rezistență și cu dezvoltarea capacităților de producție ale siderurgiei românești, tablele se procură exclusiv din țară.

Conductele și blindajele au, în cazul centralelor de mare cădere, o pondere însemnată în greutatea și costul părții mecanice, care depășește greutatea și costul utilajului tehnologic, ajungînd uneori la de două ori sau chiar de trei ori mai mari.

În plus, siguranța în exploatare a conductelor și blindajelor este esențială pentru întreaga amenajare, incidentele produse la acestea fiind de natură să scoată din funcțiune întreg obiectivul și să aducă însemnate pagube materiale și de vieți omenești. Proiectarea lor trebuie să satisfacă deci cerința dificilă de a reduce consumul de metal și costul fără afectarea siguranței în funcționare.

Principalele căi care au permis satisfacerea acestei cerințe au fost:

— utilizarea unor oțeluri de mare rezistență acolo unde solicitările sînt mari;

— gradarea mărcilor de oțel utilizate în funcție de mărimea solicitărilor;

— luarea în calcul, în cazul blindajelor, a capacității de încărcare a rocii corespunzător caracteristicilor geotehnice ale acesteia și gradului de acoperire cu rocă;

— scurtarea traseului conductelor și galeriilor forțate prin dispunerea adecvată a castelelor de echilibru, ceea ce reduce în plus și presiunea dinamică de dimensionare;

— alegerea unor sisteme de rezemare adecvate, care să reducă solicitările în cîmp (între reazeme) mergînd pînă la rezemare pe pat continuu, acolo unde pe ansamblu soluția este mai economică;

— înlocuirea conductelor forțate la zi cu galerii forțate ori de cîte ori rezultă mai eficient pe ansamblu;

— perfecționarea calculelor statice.

În tabelul 6 sînt cuprinse datele constructive ale celor mai importante conducte și blindaje proiectate.

Factorul de solicitare care determină grosimea tolei este de cîteva ori mai mare la blindaje față de conducte (tabelul 6). Aceasta arată că marile amenajări nu s-ar fi putut realiza în soluția la zi (deci cu conducte forțate în loc de blindaje), printre altele, și din considerentul că grosimile tolei ar fi depășit limitele de laminare și deci realizarea conductei ar fi necesitat tehnici (de exemplu conducte fretate) pentru care nu era dotată fabrica constructoare.

7. Considerații finale

Instalarea tuturor tipurilor de echipamente mecanice pentru centralei hidroelectrice și ecluze de parametri mergînd pînă la limitele atinse

Tabelul 6

Centrala	Obiectul	Date caracteristice				
		Factorul de solicitare, $D \times P_{max}$ [m²]	Diametrul, D [m]	Înălțimea dinamică maximă, P_{max} [m]	Lungimea, L [m]	Greutatea, G [t]
BLINDAJE						
Lotru	galeria forțată	4400	4	1100	1200	4000
Retezat	galeria forțată	2772	3,6	770	790	2051
Mărișelu	galeria forțată	2048	3,2	640	745	1474
Gîlceag	galeria forțată	1820	2,8	650	768	1266
„Gh Gheorghiu-Dej" Argeș	puțul forțat	1600	4	400	180	650
Șugag	puțul forțat	1440	3,2	450	331	631
CONDUCTE						
Clăbucet	conductă forțată	884	2,6	340	155	435
Motru	conductă forțată	756	2,7	280	150	380
Sadu V-extindere	conductă forțată	630	1,4	450	283	292
Lotru-SP Petrimanu	conducta de refulare	494	1,9	260	406	400
Clăbucet	conducta forțată	480	2	240	220	231

pe plan mondial constituie o realizare de prestigiu a proiectanților și furnizorilor din țara noastră.

Alegerea tipului, a locului de amplasare, a secțiunii și a soluției constructive pentru fiecare echipament în parte reprezintă o sarcină complexă ce se rezolvă de proiectanții tehnologi și constructori, pe bază de analize tehnico-economice pentru a se obține pe ansamblu o eficiență maximă.

Economiile ce se pot realiza în această fază pot depăși cu mult pe cele care s-ar putea aduce prin proiectarea echipamentelor propriu-zise, fără a mai aminti de cele care rezultă din eliminarea unor echipamente.

În perspectivă, în domeniul acesta sarcina proiectării este de a urmări prompt și cu discernământ progresele ce se realizează pe plan mondial și a le promova în noile proiecte acolo unde este cazul. Totodată este necesar a se urmări mai sistematic comportarea în exploatare a soluțiilor proiectate spre a trage concluzii în legătură cu perfecționările ce mai trebuie aduse.

(Primit la 4 aprilie 1985, acceptat la 7 august 1985)

Din istoricul electrificării

30 de ani de energetică nucleară

La 27.06.1954 a fost pusă în funcțiune prima centrală nuclearoelectrică experimental-demonstrativă în U.R.S.S., la Obninsk (în apropiere de Moscova), cu o putere de 30 MWt/5 MWe. Evenimentul avea loc la 15 ani după descoperirea în 1938/1939 a fenomenului fisiunii nucleare a uraniului de către Otto Hahn și Fritz Strassmann, inițial și cu participarea Liesei Meinter. Cercetările s-au desfășurat între 1934 și 1939 la Kaiser Wilhelm Institut fur Chemie, la Berlin — Dahlem și urmau unei serii de mari descoperiri : a neutronului în 1932, radioactivității artificiale în 1934 și rezultatelor obținute de Enrico Fermi prin acțiuni neutronice.

Fisiunea nucleară mobilizată în scopuri militare

Descoperirea fisiunii uraniului fiind făcută în preajma începerii celui de-al doilea război mondial, valorificarea ei a fost mobilizată în scopuri militare. În 1938, cînd a izbucnit războiul, în S.U.A. se afla un mare număr de fizicieni de seamă, originari din cîteva țări, parte refugiați din Germania, între care Albert Einstein, au fost continuate experimentele care au confirmat posibilitatea fisiunii (confirmare care fusese făcută și de Frederic Joliot Curie în Franța), au descoperit procesul în lanț și masa critică de uraniu la care procesul se produce spontan. Ca urmare a acestor descoperiri, grupul de fizicieni a luat hotărîrea de a-l informa pe președintele S.U.A. asupra posibilității realizării unei bombe atomice de putere deosebită și asupra pericolului ca o asemenea bombă să fie produsă de Germania hitleristă.

Astfel s-a declanșat organizarea unei vaste acțiuni de cercetări și realizări nucleare, în mare secret (Manhattan Engineer District), care a condus, la 16 iulie 1945, la testarea unui prim dispozitiv nuclear exploziv, la Alamagordo, în New Mexic, iar apoi la lansarea a două bombe atomice bazate pe fisiune nucleară (Bomba A). Cercetările ulterioare au permis și realizarea bombei prin fuziune nucleară (Bomba H).

Cercetările au fost orientate și spre obiectivul pașnic de a se produce prin fisiune nucleară controlată energie utilizabilă.

Cel dintîi proces controlat de fisiune a uraniului a fost realizat la Universitatea Chicago, la 2 decembrie 1942, sub conducerea lui Enrico Fermi. Experimentul a fost urmărit cu emoție științifică de toți colaboratorii și a confirmat previziunile teoretice. Rezultatul a fost comunicat prin propoziția codificată „Navigatorul italian a debarcat în Lumea Nouă".

Pe lîngă producerea de bombe, utilizarea militară a fost îndreptată și spre realizarea propulsiunii nucleare a navelor, și în primul rînd a submarinelor, considerîndu-se că acestea vor deveni redutabile prin posibilitatea de a rămîne în imersiune timp îndelungat, ceea ce nu era posibil în cazul propulsării cu motoare clasice.

Alternative nucleare

Pe primul plan al preocupărilor a ajuns realizarea de reactoare nucleare. Treptat au fost cercetate variate alternative, iar posibilitățile au fost stabilite astfel :

a. Drept combustibil nuclear :

— uraniu natural cu un conținut în izotopul fisionabil $92U^{235}$ de 0,7 %, sau

— uraniu îmbogățit cu izotopul $92U^{235}$ de la 0,7 la 3—4 %.

Îmbogățirea era atunci posibilă numai în S.U.A., unde se construiseră uzine de mare capacitate de separare a izotopului $92U^{235}$, necesar fabricării bombelor atomice.

Cele două feluri de combustibil defineau două filiere cu totul deosebite.

b. Neutronii, care asigură fisiunea în lanț puteau fi moderați sau nemoderați, ceea ce deosebea filierele : cu neutroni lenți sau termic și cu neutroni rapizi. Moderatorul putea fi din diferite substanțe : grafit (folosit în reactorul Fermi), apă grea, apă obișnuită etc. Agentul caloriportor putea fi : apă grea, apă obișnuită, CO_2 etc. După temperatura la care se obținea căldura se deosebeau reactoare cu temperatură medie și înaltă.

După elementele precedente reactoarele sînt realizabile în mai multe variante, dintre care principalele sînt sintetizate în tabelul 1 (indicativul uzual în limba engleză).

Prima necesitate de alegere de filieră s-a pus la echiparea submarinului Nautilus, decizîndu-se, la stăruința organelor militare, să se adopte filiera LWR. Submarinul a fost lansat la apă în 1954, iar în 1958 a realizat performanța de a subtraversa calota glaciară arctică.

Tabelul 1

KWW	Reactor cu uraniu îmbogăţit, apă obişnuită moderator şi agent caloriportor
PWR	Reactor LWR în varianta cu apă sub presiune
BWR	Reactor LWR în varianta cu apă în fierbere
LWGR	Reactor cu uraniu îmbogăţit, grafit moderator şi apă obişnuită agent caloriportor
AGR	Reactor cu uraniu îmbogăţit, grafit moderator şi CO_2 agent caloriportor
GCR	Reactor cu uraniu natural, grafit moderator şi CO_2 agent caloriportor
HWR	Reactor cu uraniu natural şi apă grea
PHWR	Reactor HWR cu apă grea moderator şi agent caloriportor sub presiune
FBR	Reactor cu neutroni rapizi
HTGR	Reactor de temperatură înaltă

Începuturile folosirii în scopuri energetice a fisiunii uraniului

După terminarea războiului, s-au manifestat mari speranţe în noua sursă de energie şi mai multe ţări intenţionau să desfăşoare acţiuni în acest scop. Experienţa americană nu putea fi însă folosită, deoarece S.U.A. continua să menţină embargoul, stabilit în timpul războiului, al informaţiilor asupra tehnologiilor nucleare şi al exportului de uraniu îmbogăţit.

De aceea a urmat o perioadă în care dezvoltarea energeticii s-a desfăşurat insular în câteva ţări (tabelul 2).

U.R.S.S. a atins repede nivelul tehnologic spre a pune în funcţiune centrala nucleroelectrică Obninsk, menţionată, echipată cu reactor cu neutroni rapizi, folosind iniţial oxid de plutoniu, iar apoi oxid de uraniu, răcirea efectuîndu-se cu sodiu topit.

Construindu-se uzine de separare izotopică, în scop militar, s-a trecut la filiera LWR, varianta PWR (cu indicativul sovietic VVER), punîndu-se în funcţiune, în 1971, prima centrală la Novo-Voronej, pe Don. Tipul de reactor de 440 MWe experimentat acolo a fost instalat atît în U.R.S.S. cît şi în Bulgaria, Cehoslovacia, Finlanda şi Ungaria şi va mai fi instalat în Cuba şi Polonia.

Ţările vestice neputînd dispune de uraniu îmbogăţit, s-au decis pentru filiera uraniu natural, în variante diferite. Anglia şi Franţa au adoptat filiera GCR în două variante apropiate, devenite „filiere naţionale", pe care le-au dezvoltat cu succes din punct de vedere tehnologic şi al siguranţei, dar nesatisfăcătoare economic.

Anglia a fost prima ţară vestică care a pus în funcţiune, la 17.10.1956, o centrală nucleroelectrică experimental-demonstrativă la Calder Hall, echipată în final cu patru reactoare de 35 MWe în filiera GCR, varianta MAGNOX. În această filieră s-a desfăşurat primul program nuclear de 11 centrale, însumînd circa 5000 MWe. La epuizarea acestui program Anglia a adoptat filiera AGR.

Avansul dobîndit de Anglia a decis S.U.A. să accelereze programul nuclear şi să adopte filiera LWR, motivată în principal de experienţa submarinului Nautilus.

La 23 decembrie 1957 a fost pusă în funcţiune centrala Shipping-port cu reactor PWR 100 MWe; peste doi ani a fost pusă în funcţiune centrala Dresden cu reactor BWR 200 MWe. Astfel filiera LWR era introdusă prin cele două variante. Această filieră a devenit predominantă în lume, poziţie a cărei atingere a fost datorită în mare parte ridicării de către S.U.A. a embargourilor menţionate. Ca urmare reactoarele LWR s-au putut răspîndi fie exportate din S.U.A., fie construite în diferite ţări, pe bază de licenţe. De asemenea, S.U.A. a devenit şi exportatoare de uraniu îmbogăţit.

Rezultatele favorabile într-o experienţă îndelungată au eliminat „filiere naţionale", ca, de exemplu, a Franţei, care adoptase o filieră practic analoagă celei engleze (după ce iniţial se considerase oportună folosirea apei grele ca moderator), şi a început prin a pune în funcţiune o centrală, la Marcoule, de 40 MWe, în 1959. În această filieră s-a desfăşurat un program de cîteva centrale, stopat în anul 1967 pentru a trece la filiera PWR.

Tabelul 2

Primele centrale nucleroelectrice experimental - demonstrative în principalele filiere

Ţara	Amplasament	Putere [MWe]	Reactor	Data punerii în funcţiune
U.R.S.S.	Obninsk	5	—	27.06.1954
Anglia	Calder Hall	35	GCR	17.10.1956
S.U.A.	Shippingport	100	PWR	23.12.1957
S.U.A.	Dresden	200	BWR	1959
Franţa	Marcoule	40	GCR	1959
Canada	Rolphton	22	PHWR	1962
Anglia	Windscale	33	AGR	1964
U.R.S.S.	Bieloiarsk	100	LWGR	1964
Anglia	Winfrith	20	HTGR	1966
R.F.G.	Jülich	15	HTGR	1967
S.U.A.	PeachBottom	40	HTGR	1967
U.R.S.S.	Sevcenko	150	FBR	1973
Franţa	Marcoule	250	FBR	1973
Anglia	Dounreay	250	FBR	1974

Tabelul 3

Ţările pe clase de puteri instalate în centrale nucleroelectrice în funcţiune la 1 ianuarie 1984

Clasa de puteri [în MWe]	Numărul ţărilor	Ţările în ordine crescătoare a puterilor [MWe]
Sub 1000	7	Pakistan (125), R. P. Ungară, Olanda, Brazilia, R. S. F. Iugoslavia, R. S. Cehoslovacă, Argentina (935)
1000 – 5000	10	India (1030), Italia, R. P. Bulgaria, R. D. G., Coreea, Elveţia, Finlanda, Taiwan, Belgia, Spania (3760)
5000 – 15000	4	Suedia (7355), Canada, Anglia, R.F.G. (11110)
15000 – 30000	3	Japonia (19023), U.R.S.S (20671) Franţa (26903)
peste 60000	1	S.U.A. (63315)

Canada a adoptat filiera PHWR — CANDU, uraniu natural/apă grea/apă grea, punînd în funcțiune, în 1962, prima centrală experimentală-demonstrativă NPD Rolphton Ontario. În această filieră se dezvoltă și în prezent programul nuclear canadian de mare amploare. Filiera prezintă îndeosebi avantajul de-a putea folosi rezerve naționale de uraniu, fără a trece prin procesul îmbogățirii, care a rămas o posibilitate a trei țări : Franța, S.U.A. și U.R.S.S.
În cîteva țări sînt instalate, sau în curs de instalare, reactoare PHWR : Argentina, Coreea de Sud, India, Pakistan și România.

Extinderea energeticii nucleare

După activitatea de pionierat desfășurată de S.U.A., U.R.S.S., Anglia, Franța și Canada alte țări au inițiat programe nucleare, uneori trecînd prin perioade experimentale.

În prezent programele se desfășoară în principal în filierele LWR, PHWR, AGR și LWGR ; totodată se experimentează filierele de perspectivă FBR și HTGR.

După 30 de ani, respectiv la 1 ianuarie 1984, dispun de centrale electrice nucleare 25 de țări, însumînd o putere instalată de 190839 MWe în 317 reactoare ; în construcție sînt 209 reactoare însumînd 194956 MWe. Repartiția pe țări este dată în tabelul 3.

NOUTĂȚI TEHNICO — ȘTIINȚIFICE

Fermat's Last Theorem and General Dimensional Analysis
Dr. ing. Constantin I. Staicu, cercetător științific, ICEMENERG — București.

Articolul cu titlul de mai sus a fost publicat în LETTERE AL NUOVO CIMENTO, vol. 42, nr. 6 din 16 martie 1985. Această prestigioasă revistă internațională, care apare neîntrerupt din anul 1855, este organul Societății Italiene de Fizică și se publică sub auspiciile Consiliului Național al Cercetării din Italia.

Reamintim totodată că în ENERGETICA, vol. 33, nr. 3 din martie 1985, a fost publicat articolul „Generalizarea concluziilor demonstrațiilor particulare ale teoremei Fermat" scris de același autor ; marea teoremă este tratată într-un mod diferit în acest articol, dar concluzia rămîne neschimbată.

Mat. Titus Pușcoci — ICEMENERG

ERRATA

In the issue No. 10/1985 of Energetica, in the text condensed from Romanian of the paper „Normalization of Power Distribution Low Voltage", authors Traian-G. Ionescu, D. Sc. and Eugeniu Pavel, D. Sc., page 455, column 2, in line 9 from the top, it should be written „... that there would not ..." instead of" ... that there would ..."

СОДЕРЖАНИЕ

АДРИАН ГЕОРГЕ, КРИСТИНА ЗАХАРЕСКУ, МИХАИЛ В. СТОИКА, ПЕТРЕ ПОСТОЛАКЕ, МИРЧЯ ЭРЕМИЯ. Некоторые решения по внедрению процессных ЭВМ в электроэнергетику 481—486

МИХАЙ СЕМЕДРЯ, ВАСИЛЕ МИВУ: Злободневные вопросы по проектированию пультов управления ТЭЦ (с изложением на английском языке) 486—491

МИРЧЯ РЭДУЛЕСКУ, ИОН БОЛМА: Расчёт потерей возникнутых в процессе неполного механического сгорания действующих на лигните котлов, с прямым дутьём в топку (с изложением на английском языке) 491—497

ФЛОРИН АЛЕКСЕ, АДРИАН РУЮ: Решения по исключению потерей, связанных с уменьшением давления пара в городском отборе паровой турбины DSL-50 (с изложением на английском языке) 497—501

АДРИАН ОПРИЦОЮ, АДЕЛА ГЫРБУ: Вклад в расчёт реальной эффективности процессов производства тепловой энергии (с изложением на английском языке) 501—507

АДРИАН РАДУ, ЯНКУ ХЫНКУ, МИХАИЛ ЛУКА, КОНСТАНТИН ХОРГА, МАРИЯ МАФТЕЙ, КОРНЕЛ МОЦИУ: Исследование процесса атмосферной дисперсии загрязнения с помощью опытных испытаний в гидравлическом канале 507—511

ГЕОРГЕ БЭЛАН, АЛЕКСАНДРУ БЛАДА, КОНСТАНТИН РАКОВЯНУ, ДЖОРДЖЕ МАНОЛЕСКУ: Вопросы по развитию ядерной энергетики 511—518

ГЕОРГЕ ОПРИШ: Развитие концепции и решений по механическому оборудованию ГЭС. II. Гидромеханическое оборудование 519—523

ИЗ ИСТОРИИ ЭЛЕКТИФИКАЦИИ

ПАУЛ КАРТИЯНИ: 30 лет ядерной энергетики 523—525

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ НОВОСТИ 525

INHALTSVERZEICHNIS

ADRIAN V. GHEORGHE, CRISTINA ZAHARESCU, MIHAIL V. STOICA, PETRE POSTOLACHE, MIRCEA EREMIA: **Entscheidungen bei der Einführung der Prozessrechnertechnik in die Energiewirtschaft** 481—486

MIHAI SEMEDREA, VASILE MIVU: **Aktuelle Fragen bei der Projektierung von Warten der Wärmekraftwerke (mit einer Kurzfassung in englischer Sprache)** 486—491

MIRCEA RĂDULESCU, ION BOLMA: **Einschätzung der Verluste durch mechanisch unvollständige Verbrennung bei den auf Braunkohle unter direkter Lufteinblasung in den Feuerraum arbeitenden Dampferzeuger (mit einer Kurzfassung in englischer Sprache)** 491—497

FLORIN ALEXE, ADRIAN RUIU: **Lösungen zur Beseitigung der vom Dampfdruckabfall verursachten Mängel bei der Stadtentnahme der Turbine vom Typ DSL-50** 497—501

ADRIAN OPRIȚOIU, ADELA GÎRBU: **Beiträge zur Berechnung der tatsächlichen Wirksamkeit der Wärmeerzeugungsprozesse (mit einer Kurzfassung in englischer Sprache)** 501—507

ADRIAN RADU, IANCU HÎNCU, MIHAIL LUCA, CONSTANTIN HORGA, MARIA MAFTEI, CORNEL MOȚIU: **Untersuchung der Schadstoffdispersion in der Atmosphäre durch Modellierung im Wasserkanal** 507—511

GHEORGHE BĂLAN, ALEXANDRU BLADA, CONSTANTIN RACOVEANU, GEORGE MANOLESCU: **Aspekte der Entwicklung der Kernenergiewirtschaft** 511—518

GHEORGHE OPRIȘ: **Entwicklung des Konzepts und technische Lösungen für die mechanische Ausrüstung der Wasserkraftwerke. II. Wassermechanische Ausrüstung** 519—523

AUS DER GESCHICHTE DER ELEKTRIFIZIERUNG

PAUL CARTIANU: **30 Jahre Kernenergiewirtschaft** 523—525

TECHNISCH-WISSENSCHAFTLICHE NEUIGKEITEN 525

SOMMAIRE

ADRIAN V. GHEORGHE, CRISTINA ZAHARESCU, MIHAIL V. STOICA, PETRE POSTOLACHE, MIRCEA EREMIA: **Décisions multi-assignation concernant l'introduction des ordinateurs en électroénergetique** 481—486

MIHAI SEMEDREA, VASILE MIVU: **Problèmes d'actualité dans la projection des salles de contrôle des centrales thermiques (avec résumé en anglais)** 486—491

MIRCEA RĂDULESCU, ION BOLMA: **L'estimation des pertes par la combustion mécanique incomplète aux chaudières à lignite, à insufflation directe d'air dans le foyer (avec résumé en anglais)** 491—497

FLORIN ALEXE, ADRIAN RUIU: **Solutions pour éliminer les déficits dus à la réduction de la pression de la vapeur à la prise urbaine de la turbine DSL—50 (avec résumé en anglais)** 497—501

ADRIAN OPRIȚOIU, ADELA GÎRBU: **Contributions concernant le calcul de l'efficacité réele des processus de production d'énergie thermique (avec résumé en anglais)** 501—507

ADRIAN RADU, IANCU HÎNCU, MIHAIL LUCA, CONSTANTIN HORGA, MARIA MAFTEI, CORNEL MOȚIU: **L'étude de la dispersion atmosphérique des agents de pollution par la simulation dans le canal hydraulique** 507—511

GHEORGHE BĂLAN, ALEXANDRU BLADA, CONSTANTIN RACOVEANU, GEORGE MANOLESCU: **Aspects concernant le développement de l'énergétique nucléaire** 511—518

GHEORGHE OPRIȘ : **L'évolution de la conception et des solutions concernant le matériel mécanique des centrales hydroélectriques. II. Le matériel hydromécanique** 519 – 523

DE L'HISTORIQUE DE L'ÉLECTRIFICATION

PAUL CARTIANU : **30 ans d'énergétique nucléaire** 523 – 525

NOUVEAUTÉS TECHNICO-SCIENTIFIQUES 525

SUMMARIES

D.C. 681.177.004.2

ADRIAN V. GHEORGHE, CRISTINA ZAHARESCU, MIHAIL V. STOICA, PETRE POSTOLACHE, MIRCEA EREMIA : **Multi-assignation Decisions Concerning the Computers Implementation in Energetics**

(Energetica 33(1985), nr. 11, p. 481 – 486)

D.C. 621.311.22/23 : 621.52.001.1

MIHAI SEMEDREA, VASILE MIVU : **Current Problems in the Thermal Power Plants Switch Rooms Design**

The developments of the latest years in the thermal power plants automation and in the switch rooms organization have resulted in a very important qualitative progress in the operative control and stands for one of the most important fields in which the technical progress in the classical or nuclear thermal power plants operation gets self-evident.

The paper outlines some of the most significant aspects of this development and especially the present problems in the switch rooms design.

(Energetica 33 (1985), nr. 11, p. 486 – 491)

D.C. 662.61.004.2.

MIRCEA RĂDULESCU, ION BOLMA : **The Estimations of the Losses Due to Mechanically Incomplete Combustion During the Operations of Forced Draught Lignite Boilers**

The paper presents a method that serves to predetermine the heat caused by the mechanically incomplete combustion at the steam lignite boilers by the forced draught. The estimation method is based on the results of a statistical analysis of a number of values measured at the operating steam boilers.

(Energetica 33 (1985), nr. 11, p. 491 – 497)

D.C. 621.311.22/23 : 621.165

FLORIN ALEXE, ADRIAN RUIU : **Solutions for Clearing Away the Drawbacks Caused by the Steam Pressure Drop at the DSL – 50 Turbine Urban Bleeding**

The district heating turbines operation under the conditions of an ever greater electric and thermal energy demand combined sometimes with the fuels share limitation causes a series of drawbacks in the district heating network and the addition treatment circuits operation.

The paper provides solutions for the modernization of the circuit belonging to the DSL-50 type turbine urban bleeding inview of eliminating the drawback and of setting up a flexible scheme which better complies with the conditions evolved as a consequence of the energy crisis.

(Energetica 33 (1985), nr. 11, p. 497 – 501)

D.C. 660.012.004.2

ADRIAN OPRIȚOIU, ADELA GÎRBU : **Contributions to the Estimation of the Thermal Energy Production Real Efficiency**

The purpose of this paper is to synthetically present, according to [1] the expressions of the thermodynamic efficiencies of the thermal energy production systems. Further on the relations of magnitude are established for different temperature levels of the heat sources for the combustion engines belonging to the systems under discussion. On the basis of the statistical data and of an estimation method, the thermodynamical efficiency and the electric energy production real efficiency are computed.

Finally a computing relation of the real efficiency is presented which directly depends on the thermodynamic efficiency.

(Energetica 33 (1985), nr. 11, p. 501 – 507)

D.C. 628.52.001.2

ADRIAN RADU, IANCU HÎNCU, MIHAIL LUCA, CONSTANTIN HORGA, MARIA MAFTEI, CORNEL MOȚIU : **The Pollutants Atmospheric Dispersion Study by Simulation in the Hydraulic Channel**

The paper presents a method of physical simulation inside the hydraulic channel of the pollutants dispersion emitted by a power unit laid out in a complex relief.

(Energetica 33 (1985), nr. 11, p. 507 – 511)

D.C. 621.039.004.1.

GHEORGHE BĂLAN, ALEXANDRU BLADA CONSTANTIN RACOVEANU, GEORGE MANOLESCU : **Aspects of the Nuclear Energy Development**

The paper presents a few problems relating to the present stage of the world nuclear energy production development. The first part includes a general synthesis of the development prediction on the nuclear plants rating up to the end of this decade function of the nuclear reactors types.

The predictions are valid both for the world situation and the main nuclear energy production countries.

There follows a brief presentation of the four types of nuclear reactors based on which the main types of nuclear plants have developed on a large scale : PWR, BWR, PHWR -CANDU and the moderate graphite reactors.

(Energetica 33 (1985), nr. 11, p. 511 – 518)

D.C. 621.311.002.5

GHEORGHE OPRIȘ : **The Development of the Conception and the Solution Regarding the Electric Power Plants Mechanical Equipment. II. The Hydromechanical Equipment**

The paper deals with the way in which the solutions proposed by the Hydroelectric Studies and Design Institute with regard to the hydroelectric plants and locks hydromechanical equipment : slide gates, caterpillar vanes, sluice gates, cofferdams and binding and lining have been developed for 35 years since the moment of the Institute's foundation. For the achievements of peculiar importance the engines main characteristics are presented. The design conception guiding lines are pointed out : the typodimensions number reduction, the parameters increase, the use of constructive types that have been improved to keep up with the world achievements in this field as well as with our economy specific demands.

(Energetica 33 (1985), nr. 11, p. 519 – 523)

FROM THE HISTORY OF ELECTRIFICATION

PAUL CARTIANU : **30 Years of Nuclear Energy** 523 – 525

TEHNICAL AND SCIENTIFIC NEWS 525

COLEGIUL DE REDACȚIE

Președinte, redactor responsabil: **dr. ing. Călin Mihăileanu**
Redactori responsabili adjuncți: **dr. ing. Nicolae Armencoiu, dr. ing. Gheorghe Bălan**
Secretar de redacție: **dr. ing. Eugeniu Pavel**
Gestiune financiară: **ec. Gheorghe Ursache**

Orientări în energetică: **dr. ing. Mario Duma**
Energetica în unități economice: **ing. Ion Mălereanu**
Dezvoltarea sistemelor energetice: **dr. ing. George Manolescu**
Conducerea și automatica SE: **dr. ing. Victor Romert, dr. ing. Jean Constantinescu**
Centrale termoelectrice: **conf. dr. ing. Costin Moțoiu, ing. Romeo Zbarcea, dr. ing. Teodor Popa, ing. Horia Furtunescu**
Centrale hidroelectrice: **dr. ing. Gheorghe Luca**
Centrale nuclearoelectrice: **ing. Adrian Georgescu**
Rețele electrice: **ing. Dinu Voinea, ing. Nicolae Georgian**
Alimentare cu căldură: **ing. Nicolae Nicolescu**
Surse și tehnologii noi: **dr. ing. Alexandru Floroscu**
Tehnologii chimice în energetică. Poluare: **dr. chim. Maria Maftei**
Organizarea muncii: **ing. Miron Popescu, ing. Dan Iosifescu**
Istoria energeticii: **ing. Paul Cartianu**
Buletin informativ: **ing. Mihai Nistor, ing. Romulus Sfichi**
Centre universitare și industriale:
București: **conf. dr. ing. Alexandru Selischi**
Iași: **prof. dr. ing. Alexandru Poeată**
Timișoara: **prof. dr. ing. Viorel Negru**
Cluj: **conf. dr. ing. Silviu Darie**

Revista „ENERGETICA" este editată și administrată de Institutul de Cercetări și Modernizări Energetice prin Oficiul de Informare Documentară pentru Energetică.
Vasile Plesca — șef OIDE, Ana Maria Chivu — redactor
Revista ENERGETICA — publicație lunară, reflectă preocupările spirituale și realizările materiale în domeniul energeticii.

În revista ENERGETICA se publică:

Articole

Informații referitoare la: publicații recente (cărți, reviste), noutăți științifice și tehnice, invenții și inovații, experiență de exploatare, realizări remarcabile, manifestări tehnico-științifice naționale și internaționale (congrese, simpozioane), titluri de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse: cronici, recenzii, discuții la articole publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuțiilor în jurul meselor rotunde.

Instituțiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 — BN R.S.R. fil. Sector 3. Costul unui abonament: 144 lei anual; costul unui exemplar: 12 lei.

41 401

ANNOUNCEMENTS FOR READERS ABROAD

- **The review "Energetica" can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages**
- **The review "Energetica" proposes a publication exchange with similar reviews and in relating fields**
- **The review "Energetica" provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well**
- **The review "Energetica" publishes on request from authors abroad reports of energy or other materials: technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia, etc. written in one of the worldwide spoken languages**
- **Readers from abroad can subscribe through: ROMPRESFILATELIA — sectorul import-export PO. Box 12—501, telex 10376 prsfir, Calea Griviței nr. 64—66.**

Redacția și administrația: București 79619, Bd. Energeticienilor nr. 8, sect. 3
Telefon: 20.67.30, 21.46.30.

Tiparul: „Întreprinderea Poligrafică „Informația", București, str. Brezoianu 23—25, c. 1629

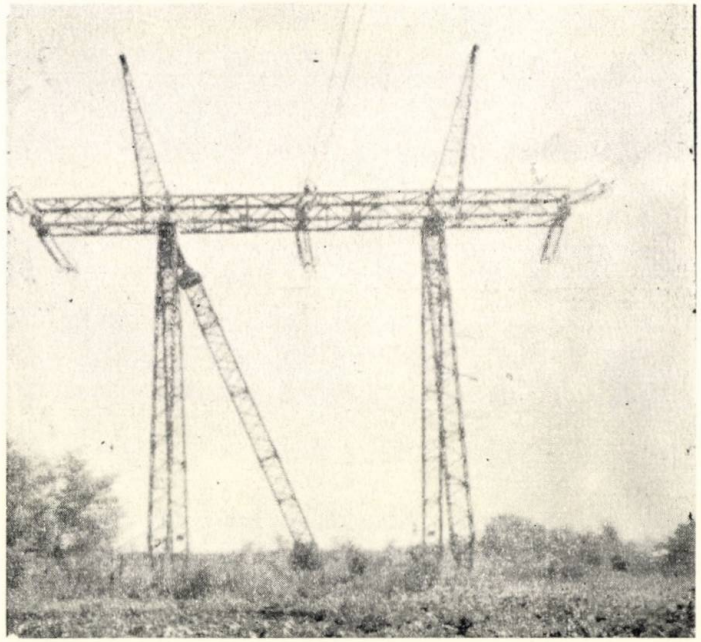
ENERGOIMPEX

Întreprindere de comerț exterior—SOFIA 1000,
căsuță poștală: 801; tel: 518867 Telex: 22669
telegrame: ENERGOIMPEX

ENERGOIMPEX realizează:

—Importul și exportul de cărbune, de energie electrică și de alte surse de energie;
—Livrarea de agregate și echipamente pentru energetica R. P. Bulgaria, pentru energetica țărilor socialiste și a altor țări;
—Cooperarea industrială și comercială în materie de energetică;
—Studii de specialitate;
—Elaborarea de proiecte cu profil energetic;
—Montaje în domeniul energetic;
—Exploatarea de centrale și stații electrice;
—Întreținerea instalațiilor și a agregatelor energetice în termenul de garanție și în afara acestuia;
—Linii electrice pînă la 750 kV și rețele electrice de distribuție;
—Stații electrice de înaltă, medie și joasă tensiune;
—Supervizarea lucrărilor cu profil energetic;
—Consulting în domeniul energetic.

ENERGOIMPEX



TRUSTUL ANTREPRIZA GENERALA DE CONSTRUCTII HIDROENERGETICE BUCURESTI

STR. DIMITRIE ONCIUL NR. 23-25 TELEFON: 35 54 70
SECTOR 2 COD: 70 318 TELEX: 10244 R

1986 JUL 2 4

A EXECUTAT

61 BARAJE de următoarele tipuri :

39 DE GREUTATE DIN BETON printre care :
. BICAZ H = 127 m ; volum beton = 1,6 mil m^3

13 DE BETON IN ARC printre care :
. VIDRARU H = 166,6 m ; volum beton = 480 mii m^3

3 DE BETON CU CONTRAFORTI printre care :
. POIANA UZULUI h = 80,5 m ; volum beton = 720 mii m^3

6 DE ANROCAMENTE printre care :
. VIDRA H = 121 m ; volum anrocamente = 3,5 mil m^3

59 CENTRALE HIDROELECTRICE de tipul :

5 SUBTERANE printre care :
. LOTRU CIUNGET, P_i = 510 MW

24 BARAJE printre care :
. PORTILE DE FIER I, P_i = 1050 MW (partea Română)

23 DE DERIVATIE printre care :
. BICAZ, P_i = 210 MW

7 LA PICIORUL BARAJULUI printre care :
. TARNITA, P_i = 45 MW

E 2039 Energie

MW

12

100 de ani de energetică românească

Cuprinsul

LUCIA EUGENIA ROȘCA : 25 de ani de cercetare 529

MARIO DUMA, IOSIF CSERVENY, RADU DUDUICA, GHEORGHE PRIBIAG, DAN FULGER, GEORGETA EPURE, EMANOIL BĂRBULESCU, DAN CALCIȘCĂ : Priorități științifice și tehnologice ale României în domeniul energiei. Analiză, fundamentare, selectare, promovare 532

MIRCEA CIOBANU : Unele probleme ale dezvoltării rețelelor SEN în cincinalul 1986—1990 538

GEORGE MORAITE, ANDREI CRISTOVICI, ANCA POPESCU, ȘTEFANIA VELICU : Funcțiunile automaticii centralizate din stația 750/400 kV Isaccea, corelarea cu automaticile din U.R.S.S. și R.P.B și condițiile tehnice pentru aparatajul cu care trebuie realizată 540

MIRCEA RĂDULESCU : Direcții de cercetare și rezultatele obținute privind perfecționarea tehnologiilor de ardere a lignitului și reducerea consumului de hidrocarburi suport de flacără la cazanele cu funcționare pe lignit din centralele electrice din R.S.R. 546

SILVIA CIOBANU, PAUL DUCA, ELENA MÜLLER : Aspecte privind soluția optimă de răcire pentru CNE Transilvania 5×700 MW (*cu prezentare în limba engleză*) 553

MIHAI G. M. POP, FLORIN CHIRIAC, MIRCEA GHIȚULESCU : Instalație de preparare a apei calde de consum cu pompă de căldură cu compresie-absorbție. Construcție-montaj și punere în funcțiune 560

CRONICĂ

GHEORGHE BĂLAN : Concluzii și orientări rezultate din Sesiunea de comunicări tehnico-științifice ICEMENERG, 27—28 septembrie 1985 564

DIN ACTIVITATEA CONFERINȚEI INTERNAȚIONALE DE ENERGETICĂ INDUSTRIALĂ — CIEI 568

RECENZIE 569

CUPRINSUL GENERAL AL REVISTEI „ENERGETICA" PE ANUL 1985 570

1986 APR 7

VOLUMUL XXXIII
BUCUREȘTI
DECEMBRIE 1985

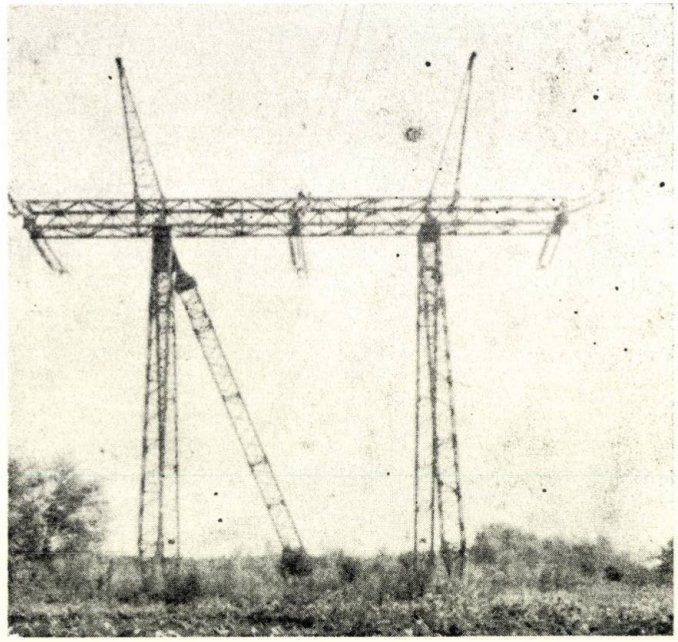
energetica

ENERGOIMPEX

Întreprindere de comerț exterior — SOFIA 1000
căsuță poștală : 801 ; tel : 518867 Telex : 22669
telegrame : ENERGOIMPEX

ENERGOIMPEX realizează :

— Importul și exportul de cărbune, de energie electrică și de alte surse de energie ;
— Livrarea de agregate și echipamente pentru energetica R. P. Bulgaria, pentru energetica țărilor socialiste și a altor țări ;
— Cooperarea industrială și comercială în materie de energetică ;
— Studii de specialitate ;
— Elaborarea de proiecte cu profil energetic ;
— Montaje în domeniul energetic ;
— Exploatarea de centrale și stații electrice ;
— Întreținerea instalațiilor și a agregatelor energetice în termenul de garanție și în afara acestuia ;
— Linii electrice pînă la 750 kV și rețele electrice de distribuție ;
— Stații electrice de înaltă, medie și joasă tensiune ;
— Supervizarea lucrărilor cu profil energetic ;
— Consulting în domeniul energetic.



ENERGOIMPEX

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

SUB ÎNDRUMAREA CONSILIULUI ŞTIINŢIFIC AL INSTITUTULUI CENTRAL DE CERCETĂRI ENERGETICE

Anul 33 Nr. 12 Decembrie 1985

25 de ani de cercetare

Ing. LUCIA EUGENIA ROŞCA

director general al Institutului Central de Cercetări Energetice

Anul acesta s-au împlinit 25 de ani de cînd a luat fiinţă, în cadrul Ministerului Energiei Electrice, prima unitate cu profil de cercetare, modernizări şi asistenţă tehnică, în scopul rezolvării problemelor complexe puse de exploatarea şi dezvoltarea Sistemului Energetic Naţional. În aceşti 25 de ani de activitate, viaţa institutului s-a împletit organic cu vieţile oamenilor care au format colectivul din interior şi care, împreună cu colaboratorii din exterior, au vibrat la fiecare reuşită a institutului şi şi-au amplificat eforturile pentru reuşite viitoare ale cercetării energetice. Conferirea, pentru a treia oară consecutiv, a titlului de institut de cercetare fruntaş confirmă valoarea şi sporeşte considerabil prestigiul ştiinţific de care se bucură institutul nostru şi are darul să întărească încrederea profesională a cercetătorilor şi muncitorilor din ICEMENERG în posibilitatea de a aborda şi rezolva sarcini noi în viitor. Este de remarcat faptul că din cei 25 de ani ai activităţii noastre, 20 coincid cu cea mai fertilă perioadă, cu adînci şi fundamentale prefaceri, perioadă pe care cu mîndrie patriotică o numim „Epoca Ceauşescu", semn al recunoştinţei pe care întregul nostru popor o aduce celui care, cu clarviziune politică şi cu adîncă iubire de oameni, conduce destinele istoriei de astăzi şi de mîine ale României Socialiste.

Dezvoltarea rapidă a instalaţiilor pentru producerea, transportul şi distribuţia energiei electrice şi termice, atît numeric, cît şi în complexitate, consecinţă directă a înfăptuirii programelor de construcţie socialistă a ţării, a pus probleme tehnice deosebite legate de proiectarea, montarea şi exploatarea instalaţiilor energetice încă de la începuturile creării Sistemului Energetic Naţional.

Pentru rezolvarea acestor probleme tehnice era necesară înfiinţarea unei unităţi în cadrul Ministerului Energiei Electrice, în care să se desfăşoare coordonat activitatea de cercetare şi asistenţă tehnică. În acest scop, a luat fiinţă la 1 ianuarie 1960 Întreprinderea pentru Raţionalizarea şi Modernizarea Instalaţiilor Energetice (IRME), legată la început mai mult de sectorul de producţie industrială de aparate şi echipamente unicat şi de serie mică necesare sectorului energiei electrice. Ulterior, întreprinderea s-a dezvoltat, acoperind un evantai larg de activităţi : cercetări aplicative, raţionalizări şi asistenţă tehnică, cerute de unităţile M.E.E.

Progresul multilateral pe care l-a cunoscut ţara noastră în perioada de după Congresul al IX-lea al P.C.R., marile mutaţii produse prin transpunerea în viaţă a hotărîrilor luate cu acest prilej au relevat importanţa cercetării ştiinţifice ca factor decisiv în dezvoltarea economică şi socială a ţării. Dintr-o astfel de necesitate obiectivă a rezultat, în 1968, înfiinţarea Institutului de Cercetări Electroenergetice şi pentru Termoficare (ICENERG), unitate departamentală specializată, avînd ca domenii de activitate efectuarea de cercetări ştiinţifice necesare pentru asigurarea dezvoltării sistemului energetic naţional şi a exploatării sigure şi economice a instalaţiilor pentru producerea, transportul, distribuţia şi utilizarea energiei electrice şi termice, pentru asigurarea continuităţii în alimentarea consumatorilor şi pentru ridicarea nivelului tehnic al exploatării.

Direcţiile de activitate ale ICENERG şi IRME urmau să se completeze, în scopul rezolvării eficiente a problemelor ridicate de funcţionarea în condiţii de fiabilitate şi economicitate a SEN. Fuzionarea celor două unităţi, stabilită prin decretul Consiliului de Stat al R.S.R. din februarie 1974, a apărut astfel ca un fapt impus de necesitatea coordonării şi concentrării forţelor în activitatea de cercetare ştiinţifică şi inginerie tehnologică în energetică.

Unitatea nou creată, Institutul de Cercetări și Modernizări Energetice (ICEMENERG), care este, totodată, și institutul suport al Institutului Central de Cercetări Energetice (ICCE), a primit responsabilități lărgite față de cele ale unităților din care provenea, astfel încît acoperă, practic, în întregime activitatea de cercetare și științifică, inginerie tehnologică și producție specializată în domeniu. Institutul are subunități la Craiova și Sibiu, fiecare dintre acestea avînd un profil bine determinat.

Efectuînd o trecere în revistă a direcțiilor prioritare de cercetare științifică spre care a fost orientată activitatea ICEMENERG, se poate constata o cuprindere firească a problemelor esențiale ale sistemului energetic și anume domeniile producerii energiei electrice și termice și funcționării sigure a Sistemului Energetic Național.

Astfel, în ceea ce privește producerea energiei electrice, activitatea ICEMENERG a fost îndreptată în principal (dar nu exclusiv) către soluționarea dificultăților centralelor termoelectrice, cu precădere a celor ce funcționează pe cărbune. Una din direcțiile de cercetare abordate în acest domeniu a fost utilizarea combustibililor în centrale, urmărindu-se rezolvarea corespunzătoare a arderii, reducerea substanțială a consumului de hidrocarburi de suport al flăcării, îmbunătățirea constructiv-funcțională a agregatelor, creșterea calitativă a nivelului exploatării.

Calitatea cărbunilor care se ard în cazanele energetice, factor important al exploatării sigure și economice a centralelor termoelectrice, a constituit și constituie o preocupare prioritară a specialiștilor noștri. În această direcție s-a realizat cîntărirea din mers a vagoanelor de cărbune, s-a omologat a doua generație de instalații de prelevare a probelor de cărbune, care asigură măsurarea puterii calorifice cu o precizie mai mare, și este în curs de realizare, în colaborare cu IFIN, instalația de măsurare radiometrică a calității cărbunilor. De asemenea, în institutul nostru s-au conceput și realizat instalațiile și echipamentele pentru detecția și extragerea metalelor de pe benzile de cărbune.

Creșterea siguranței în funcționare a instalațiilor electrice din serviciile interne ale centralelor termoelectrice, de asemenea o preocupare majoră a institutului, a avut drept finalitate asigurarea continuității în alimentarea consumatorilor termomecanici. Probleme ca autopornirea motoarelor din serviciile interne după goluri de tensiune sau privind coordonarea reglajelor protecțiilor din schemele de servicii interne au fost practic elucidate și transformate în programe de calcul direct utilizabile în activitatea de proiectare. De asemenea, structura schemelor de servicii interne a fost analizată în detaliu, stabilindu-se variante tip, funcție de puterea și caracteristicile grupurilor energetice.

Problematica specifică centralelor hidroelectrice de la construcția propriu-zisă pînă la nivelul optimizărilor de funcționare este o altă latură a cercetării legate de centralele electrice, din care menționăm lucrări ca : identificarea experimentală a parametrilor de reglaj și adaptarea camelor spațiale la centralele hidroelectrice de pe Olt pentru realizarea reglajului optim automat în funcție de cădere ; cercetări pentru asigurarea funcționării optime a hidrocentralelor și a cascadelor de hidrocentrale de pe rîurile interioare prin realizarea de programe de calcul de prognoză pe termen scurt, mediu și lung.

În domeniul transportului energiei electrice activitatea specialiștilor din institut a soluționat probleme privind protejarea instalațiilor la supratensiuni atmosferice și de comutație, tehnologii noi pentru încercarea și verificarea izolației echipamentului de înaltă tensiune, îmbunătățirea performanțelor și fiabilității aparatajului de înaltă tensiune, elaborarea tehnologiilor noi și modernizate pentru exploatarea sigură și întreținerea instalațiilor de transport al energiei electrice, introducerea de tehnologii de lucru sub tensiune în rețeaua de 110 kV.

Cercetări deosebite se fac pentru aprecierea prognozei și respectiv evoluției SEN în viitor, cu orizonturi pînă în anul 2010. În această privință ICEMENERG este consultant al instituțiilor de planificare și prognoză.

În domeniul informaticii de sistem, preocupările ICEMENERG au fost orientate în direcția elaborării de metode pentru evaluarea performanțelor sistemului teleinformatic al DEN, pentru fundamentarea sistemului informatic de urmărire a mersului economic al centralelor electrice, precum și pentru elaborarea unei concepții noi de tratare a informației tehnico-științifice folosită curent pentru planificare și raportare în cadrul centralelor industriale, concepție bazată pe utilizarea tehnicilor de gestiune automată a bazelor de date.

O preocupare constantă și de mare utilitate pentru SEN o reprezintă conceperea, proiectarea, realizarea și îmbunătățirea performanțelor instalațiilor de telemecanizare și automatizare pentru conducerea centralizată a rețelelor electrice și a cascadelor de centrale hidroelectrice. Astfel, s-au amenajat dispeceratele hidroenergetice de la Piatra Neamț, Curtea de Argeș și este în curs de finalizare cel pentru Oltul mijlociu ; la Brașov s-a pus în funcțiune primul dispecer de distribuție cu calculator de proces, iar aproximativ 150 de stații de transformare sînt dotate cu echipament de telemecanică conceput și fabricat la ICEMENERG.

Prin activitatea de producție industrială, în ICEMENERG s-au realizat produse necesare asigurării funcționării sistemului nostru electroenergetic național. Principalele categorii de produse au fost : instalații de măsurări mecanice, detectoare de metale, aparate de măsură pentru deplasări axiale, pentru vibrații etc., instalații de reglaj, protecție și automatizare la cazane și turbine, aparate pentru dotarea laboratoarelor PRAM și AMC din întreprinderi de centrale și rețele, relee de protecție, instalații de supraveghere pentru baraje, regulatoare automate de tensiune pentru generatoare electrice, transformatoare și sincronizatoare automate, instalații de automatizare pentru hidrocentrale și pentru dispeceri hidroenergetici, instalații de aparate de măsură pentru mărimi electrice în centrale, rețele și instalații de dispecer, instalații de telemecanică și telecomunicații pentru dispecerii energetici.

În strînsă legătură cu cercetarea științifică, activitatea de microproducție s-a concretizat în materiale, aparate și produse ca. de exemplu : garnituri de cauciuc pentru diverse echipamente energetice din SEN ; rezistențe de etufare ; compound pentru etanșare ; inhibitor de coroziune ; vopsea antiincendiară tip APSA-C ; bile de cauciuc spongios etc.

Un domeniu de actualitate este cel al cercetărilor privind folosirea surselor noi și refolosibile de energie, în care institutul nostru desfășoară activități atît în ceea ce privește tehnologiile pentru conversia energiei solare și eoliene în energie electrică, cît și în ceea ce privește valorificarea surselor de căldură de temperaturi joase cu pompe de căldură.

ICEMENERG participă, de asemenea, la elaborarea a numeroase teme de importanță majoră pentru SEN, decurgînd din cele peste 20 de protocoale bilaterale de cooperare științifică în energetică încheiate de CNST și M.E.E. ICEMENERG asigură activitatea Comitetului Național Român pentru CME, al celui pentru CIGRE, a Secției a IV-a — Cercetare tehnico-științifică a Comisiei permanente CAER pentru energie electrică, a Convenției CAER pentru colaborare tehnico-științifică privind instalațiile și procesele tehnologice energointensive etc.

Fundamentată pe rezultatele fructuoase ale cercetărilor finalizate în cei 25 de ani de existență a institutului, activitatea ICEMENERG în cincinalul 1986—1990, coordonată și îndrumată permanent de ICCE, M.E.E. și CNST, se va caracteriza printr-o contribuție esențială la îndeplinirea sarcinilor ce revin întregului sector energetic din documentele Congresului al XIII-lea al P.C.R.

Pentru aceasta, planul de cercetare științifică, dezvoltare tehnologică și introducerea progresului tehnic este orientat în următoarele direcții prioritare :

— asigurarea funcționării normale a centralelor pe cărbune (exploatarea sigură și continuă, reducerea consumurilor specifice) ;

— soluționarea problemelor ce condiționează buna funcționare a sistemului electroenergetic național ;

— pregătirea soluțiilor privind proiectarea, realizarea și punerea în funcțiune a noilor obiective energetice ;

— economisirea și valorificarea eficientă a energiei la consumatori, în cadrul atribuțiilor M.E.E. de administrator unic al tuturor surselor de energie ;

— elaborarea și realizarea, prin producție proprie și microproducție, a unor produse specifice (aparate, instalații, materiale) necesare funcționării și modernizării instalațiilor din sistemul electroenergetic național.

Aniversarea a 25 de ani de existență găsește colectivul de oameni ai muncii din ICEMENERG în plin avînt creator, angajat cu toate forțele și puterea în realizarea politicii energetice, în înfăptuirea neabătută a sarcinilor și obiectivelor privind asigurarea independenței energetice a țării noastre, stabilite de Congresul al XIII-lea al Partidului Comunist Român.

Priorităţi ştiinţifice şi tehnologice ale României în domeniul energiei. Analiză, fundamentare, selectare, promovare

Dr. ing. Mario Duma, dr. ing. Iosif Cserveny, ing. Radu Duduica, ec. Gheorghe Pribiag, ing. Dan Fulger, ing. Georgeta Epure, ing. Emanoil Bărbulescu, ec. Dan Calcişcă*

Descriptori : priorităţi ştiiţifice şi tehnologice, energie, colaborare tehnico-ştiinţifică internaţională

Introducere

Concepţia, promovată în cadrul ICEMENERG, de integrare a prognozei în procesele şi activităţile de fundamentare a dezvoltării energetice pe termen lung, de tratare sistemică a problemelor energiei şi plasare a lor în contextul economic, tehnologic, ecologic şi social, justifică să se definească drept *obiectiv al lucrărilor de prognoză* cel de *a fundamenta strategii*. Prin fundamentarea unor *strategii ştiinţifice şi tehnologice* se urmăreşte *selectarea de priorităţi de cercetare ştiinţifică*, dezvoltare tehnologică şi progres tehnic (priorităţi pentru activitatea internă şi priorităţi pentru participarea la cooperarea tehnico-ştiinţifică internaţională). În locul vechilor practici de a finaliza prognoze de dezvoltare a ştiinţei şi tehnologiei prin specificaţii neutre, nefiltrate, ale unei multitudini de teme de cercetare posibile, se urmăreşte să se obţină concentrarea eforturilor de cercetare (şi de cooperare) în direcţii majore, selectate în baza analizei de eficienţă energetică şi economică în perspectivă. Activitatea de prognoză capătă, astfel, şi misiunea practică de *a iniţia şi a promova din timp cercetările necesare pentru perspectivă*, de a obţine asigurarea unor proporţii corespunzătoare între cercetările de interes imediat şi cele pentru orizontul de prognoză considerat, între cele cu caracter defensiv-corectiv şi cele cu caracter ofensiv-promoţional, vizînd deschiderea unor posibile căi noi de soluţionare a problemelor energetice ale României, misiunea de a pregăti şi a construi proiecte de programe şi planuri de cercetare pe termen lung.

În ceea ce priveşte fundamentarea unor *strategii energetice*, se urmăreşte ca prognoza să conducă la *crearea variantelor de principiu şi a elementelor definitorii necesare* pentru deciziile privind dimensiunile energetice şi structurile energetice ale viitorului, pentru programele de investiţii energetice aferente şi în special *opţiunile tehnologice pentru obiectivele de investiţii* respective.

Atît sub aspect ştiinţific şi tehnologic, cît şi sub aspect energetic, fundamentarea de strategii presupune *elucidarea restricţiilor şi a gradelor de libertate în proiectarea dezvoltării*, punerea în evidenţă şi explicitarea conexiunilor şi cooperărilor interdisciplinare şi interramuri, necesare pentru soluţionarea complexă a problemelor, ca şi a celor între procesele energetice, pe ansamblul ciclului energetic, între diferitele probleme etc. Prin aceasta, activitatea de prognoză îşi asumă şi misiunea practică de *depistare, pregătire şi iniţiere a corelărilor necesare* în dinamica evoluţiilor pe termen lung prognozate.

Concentrîndu-ne asupra problematicii priorităţilor ştiinţifice şi tehnologice, trebuie subliniat că, în general, există o mare diversitate de soluţii posibile la o mare diversitate de probleme energetice. Pentru rezolvarea oricărei probleme este necesar un efort de concepţie şi de investiţii. Fiecare tonă de combustibil convenţional produsă suplimentar sau economisită, la fel ca şi orice soluţie tehnologică realmente nouă şi eficientă, necesită o alocare de resurse umane şi financiare. Nimic nu se obţine fără eforturi umane şi materiale. De aceea, raportat la dimensiunile ţării noastre şi la potenţialul nostru economic, selectarea unor direcţii prioritare de cercetare şi concentrarea eforturilor pe asemenea direcţii se pun într-un mod mult mai acut decît în ţările care dispun de resurse mari. Dar şi în aceste ţări se aleg direcţii prioritare de cercetare, fără a se încerca abordarea tuturor soluţiilor posibile.

Determinant pentru o astfel de selectare a priorităţilor şi orientarea spre ele a eforturilor este criteriul de eficienţă energetică, de aport energetic realizabil. Desigur, dacă se concentrează forţe şi resurse pe puţine direcţii de cercetare, există şi risc de eşec : tocmai pe unele dintre aceste direcţii s-ar putea să nu se obţină eficienţa scontată. Dar, dacă nu se concentrează forţele şi resursele, apare certitudinea că, practic, pe nici o direcţie nu se va obţine o eficienţă semnificativă, crescînd astfel decalajul în timp faţă de realizările de vîrf pe plan mondial. Varianta „pe tot frontul" nu implică răspunderea deciziei de selectare ; totuşi, ea implică responsabilitatea „de a nu fi selectat".

Aşadar, se consideră că rezolvarea multor probleme de care depinde soluţionarea, în perspectivă, a problemelor energetice este condi-

* Dr. ing. Mario Duma — şeful Laboratorului de prognoză, informatică, conducere şi economie energetică ; dr. ing. Iosif Cserveny, ing. Radu Duduica — cercetători ştiinţifici principali, ing. Emanoil Bărbulescu — inginer tehnolog principal, ec. Gheorghe Pribiag, ing. Dan Fulger, ing. Georgeta Epure, ec. Dan Calcişcă — cercetători ştiinţifici — ICEMENERG.

ţionată de felul în care resursele umane şi financiare de care se dispune în cercetare vor fi concentrate — pe baza unor temeinice analize prospective — asupra anumitor obiective de maxim aport energetic pe termen lung, la scara economiei naţionale.

În cadrul cercetărilor din ICEMEMERG, preocuparea pentru selectarea fundamentată a unor priorităţi a fost iniţiată şi dezvoltată cu prilejul unor lucrări de fundamentare a priorităţilor pentru colaborare tehnico-ştiinţifică internaţională în cadrul CAER, dar abordarea s-a făcut astfel, încît să se asigure selectarea priorităţilor atît pentru activitatea internă, cît şi pentru cea de colaborare internaţională.

1. Elemente metodologice şi organizatorice ale fundamentării selectării priorităţilor

În ceea ce priveşte stabilirea ariei şi a tipologiei priorităţilor ştiinţifice şi tehnologice, simplitatea de principiu a punerii problemei s-a dovedit a fi numai aparentă, fiind necesară clarificarea şi utilizarea unor criterii şi a unei concepţii de fundamentare a includerii obiectivelor de colaborare în categoria priorităţilor (fig. 1*a*), după cum urmează :

— primul criteriu de interes prioritar pentru un anumit obiectiv de colaborare din partea unei ţări cu deficit de resurse energetice se referă la *contribuţia soluţiei tehnico-ştiinţifice* respective la *soluţionarea problemelor de combustibil şi energie proprii* (aportul energetic net). (Însuşi acest prim criteriu este susceptibil de nuanţări şi este grevat de anumite condiţionări şi incertitudini) ;

— un criteriu — care este de fapt o condiţie, în raport cu primul, dar pentru unele ţări poate constitui, în principiu, şi un criteriu de interes în sine — este *eficienţa economică* a realizării tehnice respective, clarificînd totodată condiţionările ce ţin de dimensiunile resurselor financiare, materiale, umane etc., necesar să fie angajate în lucrările aferente, impactul ecologic şi aşa mai departe ;

— contribuţia pe care *abordarea prin colaborare tehnico-ştiinţifică internaţională*, în particular — prin cea multilaterală în cadrul CAER, o poate aduce la realizarea soluţiei tehnico-ştiinţifice considerate ;

— *interesul economic şi tehnologic pentru participare la specializarea şi cooperarea în producţie* în calitate de fabricant de utilaje sau aparate energetice, inclusiv pentru asigurarea încărcării capacităţilor de construcţii de maşini existente în profilul energetic ;

— *interesul* energetic, economic şi de altă natură *pentru participare la realizarea în comun a unor obiective de investiţii* de profil energetic, în propria ţară, în alte ţări membre ale CAER, dar şi pe terţe pieţe.

Poate intra în discuţie, de asemenea, *interesul ştiinţific*, de valorificare a unor avansuri ştiinţifice proprii sau de creare de condiţii pentru realizări ştiinţifice — fundamentale sau tehnologic-aplicative — de utilitate mai largă decît cea strict energetică.

Între criteriile enumerate — care, desigur, nu epuizează toate criteriile de interes posibile — subzistă conexiuni importante (fig. 1*b*).

De exemplu, pentru unele soluţii tehnico-ştiinţifice prin a căror realizare se scontează o eficienţă energetică semnificativă, colaborarea tehnico-ştiinţifică poate aduce un *spor de aport energetic*, prin obţinerea în comun a unui nivel tehnic superior, a unor performanţe calitative mai înalte, sau poate fi interesantă printr-un *spor de eficienţă economică*, obţinut, de exemplu, pe seama repartizării eforturilor financiare pentru cercetare şi realizare.

În general, în condiţiile unor resurse financiare, materiale şi umane limitate, date, disponibile în fiecare ţară pentru soluţionarea problemelor tehnico-ştiinţifice energetice, recurgerea la colaborarea tehnico-ştiinţifică internaţională permite atacarea unui front mai larg de măsuri, de exemplu pentru economisirea energiei sau pentru creşterea producţiei de resurse energetice primare şi, deci, dacă sînt asigurate condiţiile avantajului reciproc, permite o contribuţie sporită la soluţionarea problemelor energetice ale fiecărei ţări în ansamblul acestor probleme, la un aport energetic net total mai mare ;

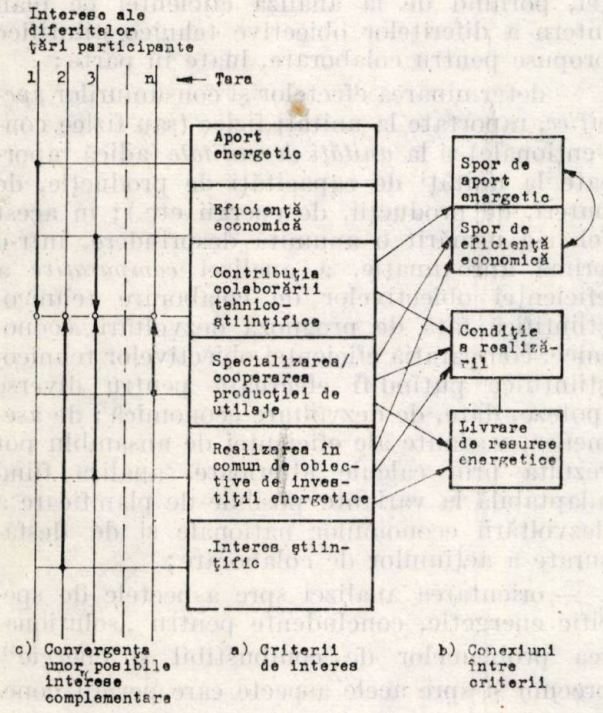


Fig. 1. Problematica criteriilor de interes pentru selectarea unui obiectiv prioritar de colaborare tehnico-ştiinţifică în domeniul energiei.

deci, sporul de aport energetic și cel de eficiență economică sînt legate între ele.

Dar pentru anumite soluții tehnico-științifice noi colaborarea tehnico-științifică internațională poate constitui, cel puțin pentru unele țări, o *condiție a realizării lor* și, deci, o condiție a interesului în sine și pentru direcția respectivă de cercetare — de exemplu în cazul în care soluția presupune anumite componente, utilaje sau materiale de care o țară participantă nu dispune și pentru care scara aplicației și dificultățile tehnologice nu justifică abordarea cercetărilor și crearea unei baze industriale proprii, de care însă dispun alte țări participante la colaborare. Ca un alt exemplu, se poate menționa interesul pentru anumite tehnologii avansate de prelucrare a unor resurse energetice primare, interes condiționat de faptul dacă participarea la colaborarea tehnico-științifică va fi însoțită și de colaborarea economică pentru livrarea purtătorilor primari sau prelucrați respectivi, eventual, inclusiv prin participarea la realizarea în comun a obiectivelor de investiții energetice aferente în țările ce dispun de resursele naturale în cauză.

Conexiunile, de genul celor exemplificate, între colaborarea tehnico-științifică și cea economică — de livrare de purtători de energie, de specializare și cooperare în producția de utilaje, de realizare de obiective de investiții — constituie nu numai condiționări, ci și posibili *factori de complementaritate în constituirea și reliefarea unor interese comune* pentru anumite obiective de colaborare tehnico-științifică (fig. 1*c*). Într-adevăr, experiența participării la elaborarea „Prognozei tehnico-științifice privind soluționarea problemelor de combustibil și energie ale țărilor membre ale CAER ..." a arătat pe deplin că, cu toată receptivitatea și înțelegerea reciprocă și spiritul tovărășesc ce a caracterizat lucrările, interesul general pentru egalizarea nivelurilor de dezvoltare economică a țărilor membre ale CAER și pentru soluționarea în comun a problemelor de combustibil și energie ale țărilor membre ale CAER nu a fost întotdeauna suficient pentru a conduce la convenirea și înscrierea în Prognoză a unor formulări care să reflecte interese energetice majore, stringente, ale unora dintre țări, dacă acestea nu concordau cu interesele energetice sau de altă natură ale altor țări participante. S-a putut, de altfel, constata că, dacă în unele materiale naționale întocmite pentru Prognoza menționată și poziții ale delegațiilor la consfătuirile de specialiști se punea accentul pe problemele resurselor energetice și ale tehnologiilor care să permită economisirea energiei, alte materiale și poziții puneau accentul asupra obținerii specializării în elaborarea și producția de utilaje energetice de anumite tipuri. Rezultă concluzia metodologică despre preocuparea pentru valorificarea conexiunilor și a condiționărilor menționate pentru a putea concentra în prognoze, în jurul unor obiective prioritare date de colaborare tehnico-științifică, atît interese identice, coincidente, cît și interese distincte, complementare, ale diferitelor țări. În acest context, activitatea de convenire de pe parcursul elaborării Prognozei în ansamblu a avut o importantă componentă de corelare de probleme și de interese tehnico științifice, energetice, economice etc.

Reluînd criteriul primar de selectare a priorităților, cel al contribuției fiecărei realizări tehnico-științifice scontate la soluționarea problemelor de combustibil și energie ale țărilor participante, se constată și aici conexiunea strînsă între prognoza tehnico-științifică și prognoza economică în domeniul energiei, deoarece înseși dimensiunile viitoare ale acestor „probleme de combustibil și energie", în ansamblul lor și în parte, sînt în relație cu prognoza economică energetică, iar aceasta, la rîndul său, este strîns corelată cu prognoza dezvoltării economice. A fost propusă, comunicată tuturor țărilor participante la elaborarea Prognozei și efectiv utilizată pentru stabilirea priorităților tehnico-științifice ale României în domeniul energiei, cu prilejul întocmirii materialului de prognoză al specialiștilor români, metodologia de definire și evaluare a parametrilor energetici, economici și alții, necesari pentru selectarea priorităților și analiza eficienței acestora.

Metodologia a avut la bază următoarele idei de principiu :

— efectuarea analitică a determinării eficienței, pornind de la analiza eficienței pe plan intern a diferitelor obiective tehnico-științifice propuse pentru colaborare, luate în parte ;

— determinarea efectelor și consumurilor *specifice*, raportate la unități fizice (sau fizice convenționale) și la *unități de utilitate* (adică raportate la unități de capacități de producție, de puteri, de producții, de energii etc.) ; în acest fel, s-a urmărit o anumită desprindere, într-o primă aproximație, a analizei *comparative* a eficienței obiectivelor de colaborare tehnico-științifică față de prognoza dezvoltării economice, comparația eficienței obiectivelor tehnico-științifice putînd fi efectuată pentru diverse ipoteze, date, de dezvoltare economică ; de asemenea, variante ale eficienței de ansamblu pot rezulta prin calcule ulterioare, analiza fiind adaptabilă la variante posibile de planificare a dezvoltării economiilor naționale și de desfășurare a acțiunilor de colaborare ;

— orientarea analizei spre aspectele de specific energetic, concludente pentru „soluționarea problemelor de combustibil și energie", precum și spre acele aspecte care permit conexiuni între prognoza tehnico-științifică și prognoza economică în domeniul energiei, corelări între ramuri și domenii din punctul de vedere

al energiei; considerarea, de asemenea, a aspectelor calitative energetice, a celor ecologice și sociale.

Trebuie remarcat că analizele efectuate cu ajutorul metodologiei pe plan intern, chiar dacă de departe nu toate informațiile prevăzute au putut fi calculate pentru fiecare dintre variantele de dezvoltare tehnică examinate, au permis o departajare destul de evidentă a priorităților, a problemelor de importanță energetică majoră. Departe de a constitui, cum se întîmplă uneori, un simplu calcul economic formal ce confirmă lucruri dinainte știute (sau dorite), analiza efectuată a condus și la surprinze: s-a dovedit că unele preocupări tehnico-științifice a căror importanță era considerată evidentă aduc contribuții energetice puțin semnificative, fiind eliminate din specificația de priorități; au existat și cazuri inverse.

Pentru a încheia această problemă a definirii priorităților pentru colaborare tehnico-științifică în contextul conexiunilor între prognoza tehnico-științifică și cea economică în domeniul energiei, mai trebuie amintit că prioritățile promovate de partea română în cadrul Prognozei au decurs din două filiere metodologice întrepătrunse (fig. 2): pe de o parte, din *calcule și analize comparative de eficiență și de importanță energetică*, conform celor deja arătate, precum și *de realizabilitate și de oportunitate în timp*, efectuate asupra unor variante de dezvoltare tehnică aflate în atenția cercetătorilor, cunoscute din literatură, iar pe de altă parte — din *analiza punctelor critice din prognoza economică energetică* a României, din care au

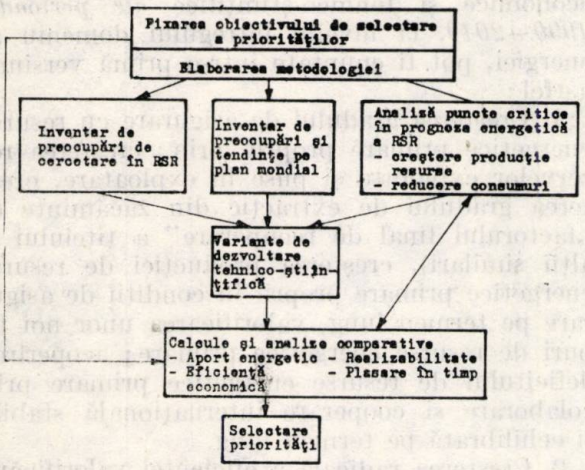


Fig. 2. Schemă simplificată a procesului selectării priorităților tehnico-științifice.

rezultat în mod deductiv anumite conturări de probleme energetice (sau probleme de condiționare tehnică a dezvoltării energetice) și, respectiv, reliefări de obiective prioritare tehnico-științifice și de colaborare tehnico-științifică multilaterală.

De altfel, la inițiativa și din însărcinarea conducerii Consiliului Național pentru Știință și Tehnologie, într-o anumită etapă (1984), problematica priorităților a fost redefinită în sensul stabilirii priorităților economice energetice, ce decurg din sarcinile pentru planul cincinal 1986—1990, rezultînd și de aici prioritățile științifice și tehnologice necesare pentru a îndeplini prioritățile economice energetice.

2. Principalele priorități stabilite și aprobate

În cadrul mai multor lucrări succesive de prognoză și planificare a activității de cercetare științifică și inginerie tehnologică în energetică, pentru perioada de prognoză 1986—2000, apoi pînă în 2010, au fost conturate principalele priorități științifice și tehnologice. După cum rezultă din considerentele menționate, s-a ținut cont de faptul că tendințele marcante ale dezvoltării științei și tehnologiei în energetică relevă creșterea conexiunilor (substituiri, cooperări, condiționări) între diferiții purtători de energie, preocuparea pentru valorificări complexe ale resurselor energetice primare, adîncirea unor întrepătrunderi între producția și consumul de energie. Pentru corelare cu structurile instituționale existente, prioritățile științifice ale energeticii cuprind atît probleme ce revin explicit și direct *ramurii energiei electrice și termice*, în definirea și delimitarea sa economică și organizatorică actuală, cît și probleme de viitor ale științei și tehnologiei privind *energetica în ansamblu* („domeniul energiei"), tendințe și clase de soluții cu caracter interramură și interdisciplinar, clase de soluții ce nu își au în prezent o plasare explicită și delimitată într-un profil al ramurilor actuale, precum și cîteva obiective mari, care, deși pot fi plasate și trebuie să se regăsească în preocupările unor ramuri actuale, altele decît energia electrică și termică, reprezintă priorități energetice majore la nivelul economiei naționale în ansamblu.

Astfel, în vederea îndeplinirii sarcinilor ce revin sectorului electroenergetic *în următorul cincinal*, au fost stabilite, detaliate și aprobate următoarele obiective economice prioritare pentru activitatea de cercetare științifică și inginerie tehnologică:

1. Valorificarea energetică a combustibililor inferiori; asigurarea realizării și funcționării normale a centralelor electrice pe cărbune.
2. Valorificarea energiei nucleare.
3. Perfecționarea alimentării cu căldură de medie și joasă temperatură; extinderea producerii combinate de energie electrică și termică.
4. Intensificarea valorificării potențialului hidroenergetic.
5. Valorificarea surselor neconvenționale de energie, reînnoibile și de substituție.

6. Introducerea tehnologiilor perfecționate pentru valorificarea resurselor energetice refolosibile.

7. Reducerea consumurilor specifice și proprii tehnologice de combustibili și energie electrică în instalațiile de producere, transport și distribuție a energiei electrice și termice.

8. Creșterea în continuare a fiabilității și continuității în exploatarea obiectivelor energetice.

9. Prevenirea și combaterea poluării mediului înconjurător de către obiectivele energetice.

10. Perfecționarea funcționării sistemului electroenergetic național, inclusiv a rețelelor electrice.

11. Valorificarea eficientă a energiei în economia națională.

12. Perfecționarea activității de conducere și planificare în energetică.

13. Automatizarea și optimizarea complexă a conducerii proceselor energetice cu ajutorul calculatoarelor electronice de proces, inclusiv al microprocesoarelor.

14. Creșterea mai accentuată a productivității muncii în unitățile de construcții-montaj, exploatare și producție din sectorul energetic.

15. Realizarea de materiale, produse noi și modernizate necesare sectorului energetic, în vederea înlocuirii sau reducerii importului.

(Majoritatea acestor obiective rămîn priorități și în cincinalele următoare, dar ponderea lor în ceea ce privește necesarul de personal de specialitate, cheltuielile pentru activitatea de cercetare științifică și dezvoltare tehnologică etc., va fi supusă unor mutații, după cum se va explicita în continuare).

Fără a intra în detalii, exemplificăm tematica cuprinsă pentru perioada 1986—2000 pentru unul din obiectivele prioritare, și anume cel referitor la valorificarea energiei nucleare. Activitatea de cercetare științifică și inginerie tehnologică va cuprinde următoarele probleme :

— soluții tehnologice și de structură ale elaborării schemelor CNE, inclusiv partea clasică a echipamentelor și instalațiilor ;

— soluții tehnologice și aparate pentru realizarea, punerea în funcțiune și însușirea exploatării CNE cu grupuri de 660 MW cu reactoare tip CANDU ;

— soluții tehnologice și aparate pentru realizarea, punerea în funcțiune și însușirea exploatării CNE cu grupuri de 1000 MW cu reactoare tip VVER ;

— tehnologii, materiale, utilaje, aparate pentru asigurarea condițiilor de funcționare și securitate specifice CNE ;

— tehnologii de construcții-montaj specifice realizării noilor obiective nuclearoelectrice ;

— perfecționarea sistemelor de răcire ale CNE în direcția reducerii cantităților de apă necesare și recuperării căldurii reziduale ;

— conducerea, analiza și urmărirea, asistate de calculator, a funcționării economice a tuturor categoriilor de CNE ;

— soluții tehnologice privind concepția, structura, utilajele pentru realizarea, punerea în funcțiune și exploatarea CNE cu reactoare de joasă temperatură ;

— alimentarea cu căldură din CNE de termoficare ;

— tehnologii și utilaje pentru asigurarea, stocarea și vehicularea combustibilului nuclear ;

— soluționarea problemelor deșeurilor radioactive din CNE :

— soluții pentru asigurarea posibilităților de dezafectare a CNE după încheierea perioadei de funcționare și ca pregătiri pentru perioada de după 1995—2000 ;

— soluții pentru utilizarea reactoarelor rapide reproducătoare în cadrul CNE ;

— soluții pentru utilizarea reacției termonucleare controlate pentru realizarea de CNE cu fuziune.

Pentru a ilustra caracterul selectiv al procesului de stabilire a priorităților, se pot menționa exemple, care nu sînt singulare, ale transportului energiei electrice în curent continuu și cu linii criogenice sau cu ghiduri de unde care, pentru dimensiunile țării noastre și dificultățile tehnologice pe care le implică, au fost considerate ca avînd șanse de realizare și eficiență redusă în următorii 20 ani, nefiind incluse în listele de priorități, deși erau intens vehiculate în tematici de cercetare anterioare.

În baza ansamblului informațiilor de prognoză de care se dispune astăzi, se apreciază că, din punct de vedere energetic, prioritățile economice și tehnico-științifice *ale perioadei 1990—2010*, la nivelul întregului domeniu al energiei, pot fi enunțate într-o primă versiune astfel :

1. Creșterea gradului de asigurare cu resurse energetice primare proprii, prin : creșterea rezervelor explorate și puse în exploatare, creșterea gradului de extracție din zăcăminte (a „factorului final de recuperare" a țițeiului și altii similari), creșterea producției de resurse energetice primare proprii în condiții de asigurare pe termen lung, valorificarea unor noi tipuri de resurse energetice primare ; acoperirea deficitului de resurse energetice primare prin colaborare și cooperare internațională stabilă și echilibrată pe termen lung.

2. Creșterea radicală a eficienței valorificării energiei în economie, prin noi principii și procedee tehnologice în locul celor energointensive actuale, reducerea pierderilor în stadiul de utilizare finală a energiei, realizarea de fluxuri tehnologice combinate pentru valorificarea maximă a entropiei conținute în resursele energetice primare, valorificarea complexă (materială și energetică) eficientă a resurselor primare prin tehnologii fără deșeuri (materiale și energetice)

sau cu deşeuri mici (în particular — metode noi, neconvenţionale, de răcire eficientă, valorificînd căldura de potenţial scăzut şi cu consumuri mici de apă; noi metode eficiente de recuperare a căldurii gazelor de ardere).

3. Creşterea aportului direct al energiei la calitatea vieţii şi a muncii, prin perfecţionarea tehnologiilor de microclimat şi ambianţă, de realizare a activităţilor gospodăreşti, de transport individual şi colectiv, de informatică personală, adîncirea mecanizării, automatizării, cibernetizării, robotizării proceselor de muncă din economie şi din habitat.

4. Protejarea mediului înconjurător prin evitarea sau limitarea severă a tuturor formelor de poluare a componentelor mediului ca urmare a realizării, funcţionării şi dezafectării obiectivelor şi proceselor energetice, inclusiv a celor consumatoare de energie.

5. Asigurarea unei înalte calităţi a tuturor purtătorilor de energie (parametri tehnici, continuitate, disponibilitate, versatilitate etc.).

6. Limitarea creşterii — ca urmare a unor influenţe naturale defavorabile — sau reducerea consumurilor specifice de resurse financiare, materiale, umane, naturale (apă, terenuri, aer etc.), de timp, necesare pentru realizarea, funcţionarea — şi, în final, dezafectarea — obiectivelor şi proceselor energetice; în particular, soluţii eficiente pentru modernizarea prin reconstruire a instalaţiilor energetice perimate.

Pentru realizarea scopurilor prioritare enumerate la pct. 1 ... 6, vor fi pe rol, ca mijloace, şi următoarele priorităţi tehnico-ştiinţifice ale perioadei considerate (cu menţiunea că ele prezintă unele întrepătrunderi şi conexiuni):

7. Extinderea şi perfecţionarea producerii, transportului, distribuţiei şi utilizării energiei electrice şi termice, inclusiv valorificarea în acest scop a unor noi tipuri de resurse energetice primare, prelucrate şi recuperate; crearea şi promovarea unor noi tipuri de conversii — conversie directă a energiei chimice a combustibilului, a energiei termice, a fotoenergiei — în energie electrică ş.a., noi metode de creştere a randamentului de ansamblu al instalaţiilor de conversie ce includ ciclul termodinamic (v. şi finalul pct. 2 din prezenta enumerare); crearea şi promovarea unor noi tipuri de transformări energetice (de tipul pompe de căldură de eficienţă superioară etc.).

8. Perfecţionarea, prin prelucrări superioare (înnobilare, fracţionare etc.), a purtătorilor de energie, crearea şi promovarea valorificării unor noi tipuri de purtători de energie (hidrogen, metanol, combustibili sintetici şi alţii).

9. Dezvoltarea tehnologiilor şi utilajelor ce consumă purtători de energie în formă prelucrată (combustibili înnobilaţi, sintetici etc.) şi forme transformate de energie (în primul rînd, energie electrică) în procesele consumatoare de energie.

10. Perfecţionarea sistemelor de energie — a sistemului electroenergetic naţional, a sistemului naţional al energiei (al ansamblului formelor şi purtătorilor de energie); crearea de tehnologii pentru valorificarea superioară a interconexiunilor energetice internaţionale.

11. Crearea şi valorificarea unor noi sisteme locale multipurtători (cu utilizarea conjugată a mai multor purtători) pentru alimentarea energetică a proceselor consumatoare (în primul rînd, sisteme pentru asigurarea necesarului de căldură şi valorificarea căldurii).

12. Crearea şi promovarea unor noi tipuri de soluţii privind acumularea diferitelor forme de energie pe termen scurt, mediu şi lung, în cantităţi mari şi mici, în instalaţii staţionare şi mobile.

13. Crearea şi promovarea unor noi tipuri de soluţii pentru transportul şi pentru distribuţia diferiţilor purtători de energie.

14. Dezvoltarea mecanizării, automatizării, informatizării, cibernetizării tuturor categoriilor de instalaţii şi procese energetice, inclusiv a celor consumatoare de energie (ca mijloc de economisire şi valorificare eficientă a energiei, de asigurare a calităţii energiei şi a unei înalte productivităţi a muncii).

3. Continuitatea şi aplicabilitatea procesului de stabilire a priorităţilor ştiinţifice şi tehnologice

Procesul de stabilire a priorităţilor a avut şi are un caracter iterativ, ţinînd cont de evoluţia tehnologiilor energetice, de prognoza dezvoltării economiei naţionale în ansamblu în baza directivelor privind dezvoltarea economico-socială, de conjunctura internaţională, de posibilităţile de colaborare cu alte ţări (în special ţările membre ale CAER) în ceea ce priveşte realizarea obiectivelor prioritare de cercetare şi de alţi factori.

În elaborarea prognozelor au fost avute în vedere, în primul rînd, indicaţiile conducerii de partid şi de stat; de asemenea, au fost reflectate în lucrările de prognoză sarcinile trasate de conducerile CNST şi M.E.E.

S-a asigurat o corelare cu prognozele elaborate, în privinţa activităţii de cercetare ştiinţifică şi dezvoltare tehnologică, de către celelalte domenii şi ramuri ale economiei naţionale.

De altfel, caracterul iterativ, de aprofundare şi actualizare în versiuni succesive, rezultă din însuşi procesul evolutiv al cunoaşterii, în baza cercetărilor de prognoză efectuate şi a noilor informaţii de prognoză apărute în literatura internă şi pe plan mondial, inclusiv informaţii obţinute în cadrul acţiunilor de colaborare tehnico-ştiinţifică internaţională. Anumite progrese au rezultat şi din procesul continuu de structurare şi sistematizare, care au condus la regru-

pări, redefiniri, chiar și completări, precum și din corelările interne interramuri. De asemenea, în fiecare etapă, prioritățile preconizate au fost supuse unor serii de avizări, consultări, dezbateri științifice organizate la nivel ICEMENERG, ICCE, M.E.E., CNST, cu participarea specialiștilor din alte ramuri și din învățământul superior și cu sprijinul CSP. În unele etape, prioritățile au fost aprobate pînă la niveluri superioare de conducere.

În confruntare directă cu practica, activitatea de conturare, fundamentare și precizare a priorităților științifice și tehnologice a fost îmbinată cu eforturi promoționale, de implementare a acestor priorități, cu prilejul elaborării proiectelor de planuri cincinale și anuale de CS—DT—IPT și a programelor de colaborare tehnico-științifică internațională, cu prilejul elaborării diferitelor puncte de vedere și avize, inclusiv, de exemplu, cu privire la programe de dezvoltare a investițiilor energetice, la tematicile pentru învățământul superior și pentru doctorat etc. În principalele etape, lucrările privind prioritățile au fost difuzate pentru informarea largă a specialiștilor din cercetare, proiectare, învățământul superior, perfecționarea lucrătorilor, producție.

În cadrul detalierilor și al acțiunilor promoționale au fost etapizate fazele de realizare pe fiecare cincinal, pînă la generalizarea în producție. S-au făcut evaluări suplimentare privind parametrii și efectele principale prognozate, implicațiile în rețeaua de cercetare, în dinamica personalului și a fondurilor necesare etc.

Concluzii

Pe baza lucrărilor de prognoză tehnologică și energetică efectuate în ultimii ani au fost analizate, fundamentate, selectate și promovate prioritățile științifice și tehnologice ale României în domeniul energiei pe următorii 5—15—25 ani.

Stabilirea acestor priorități fiind un proces iterativ, va fi necesar ca și în anii următori să se continue sistematic îmbunătățirea și reactualizarea prognozelor tehnologice și energetice, în concordanță cu evoluția economiei naționale în ansamblul ei și a tehnologiilor energetice.

(Primit la 28 octombrie 1985, acceptat la 4 noiembrie 1985)

Lista de autori a prezentei comunicări, limitată la colectivul de lucru din laboratorul de profil al ICEMENERG, este departe de a cuprinde pe toți factorii de conducere și de execuție ce au adus, în diferite etape, contribuții de esență la promovarea programului de cercetare respectiv, la fundamentarea și selectarea priorităților științifice și tehnologice. Pe parcursul anilor, autorii au beneficiat de indicații majore și de un sprijin susținut din partea conducerilor Consiliului Național pentru Știință și Tehnologie și Institutului Central de Cercetări Energetice, de numeroase și valoroase consultații de specialitate, sugestii și observații din partea tov. dr. ing. Teodor Popa din ICEMENERG, de indisolubile colaborări și consultări pe probleme concrete cu cadre de conducere și alți specialiști din Consiliul Național pentru Știință și Tehnologie, Institutul de Cercetări și Modernizări Energetice, Institutul de Studii și Proiectări Hidroenergetice, Institutul Politehnic București, din alte institute, din Ministerul Energiei Electrice, din alte ministere. Un sprijin deosebit — metodologic și de conținut — a fost obținut din partea Comitetului de Stat al Planificării.

Tuturor coautorilor de facto ai prezentei comunicări, autorii nominalizați le exprimă cea mai profundă gratitudine.

Dezvoltarea sistemelor energetice

Unele probleme ale dezvoltării rețelelor SEN în cincinalul 1986-1990

Dr. ing. Mircea Ciobanu *

Descriptori: sisteme energetice, dezvoltare

Introducere

Sistemul energetic românesc a cunoscut o dezvoltare rapidă, în pas cu cerințele de dezvoltare a economiei naționale.

Începută în 1950, odată cu elaborarea primului plan de electrificare, dezvoltarea surselor de energie electrică va atinge la sfîrșitul actualului cincinal (1986—1990) o producție de 101,2 TWh, respectiv de 125,2 TWh în anul 1995.

În această perioadă au fost îndeplinite obiectivele primului plan de electrificare și ale planurilor cincinale, dintre care cele mai importante sînt:

— crearea sistemului energetic unic;

— concentrarea producției de energie electrică în centrale mari, cu grupuri unitare de puteri cuprinse între 200—330 MW;

— dezvoltarea producerii combinate a energiei electrice și căldurii în centrale de termoficare;

— valorificarea potențialului hidroenergetic, a combustibililor inferiori și a resurselor secundare în centrale electrice;

— satisfacerea cererilor crescînde de energie electrică prin realizarea instalațiilor de alimentare cu energie electrică de la centralele producătoare la consumatori.

În cei peste 35 ani ce au trecut de la lansarea primului plan de electrificare, puterea instalată în centrale a crescut de la 740 MW în 1950 la 18 824 MW în 1984 (circa 20 300 MW în 1985),

* Dr. ing. Mircea Ciobanu — inginer șef secția PFSE-ISPE București.

iar energia electrică produsă a crescut de la 2,2 TWh la 71,6 TWh (circa 76,6 MW în 1985).

În domeniul dezvoltării reţelelor electrice s-au adoptat niveluri normalizate de tensiune şi s-au introdus tensiuni de transport înalte (220 kV şi 400 kV), care să asigure transporturi importante de la marile centrale către zonele consumatoare ale sistemului.

În perioada ultimilor 10 ani s-au creat, pe de o parte, puteri instalate concentrate în centrale de mare putere în apropierea surselor de energie primară şi, pe de altă parte, dezvoltări importante ale consumului de energie electrică în toate zonele ţării, unele depărtate de aceste centrale.

În aceste condiţii, a rezultat avantajos — în baza studiilor elaborate de ISPE — să se adopte pentru reţeaua de transport tensiunea de 400 kV şi să se limiteze treptat dezvoltarea reţelelor la 220 kV.

Odată cu dezvoltarea politicii de economisire a hidrocarburilor şi a extinderii centralelor pe cărbune, în principalele centre consumatoare ale ţării au intrat în funcţiune, şi sînt în curs de construcţie, centrale de termoficare cu puteri între 50—150 MW, care au fost racordate la reţelele locale de 110 kV. De asemenea, prin realizarea unor centrale hidroelectrice cu puteri instalate între 25 MW şi 50 MW, a rezultat avantajoasă racordarea acestora la tensiunea de 110 kV.

S-a conturat astfel, în prezent, un sistem energetic în care predomină sursele la tensiunile de 400 kV şi 110 kV, rămînînd pentru reţeaua de transport tensiunea de 400 kV, iar pentru reţelele zonale şi de distribuţie tensiunea de 110 kV.

Din condiţii de realizare a importului de energie electrică de 5 mld. kWh din U.R.S.S., este în construcţie o staţie de 750/400 kV la Isaccea, racordată prin LEA de 750 kV cu sistemele energetice U.R.S.S. şi R.P.B.

1. Deficitele şi excedentele de puteri pe zonele caracteristice ale SEN

O analiză preliminară pentru etapele 1985, 1990 şi 1995 a repartiţiei puterilor produse în centralele electrice şi a consumului de putere electrică a stabilit existenţa unor deficite şi excedente pe zone (tabelul 1).

Din analiza acestora se constată că zona Oltenia este puternic excedentară în toţi cei trei ani, iar zonele unde urmează a intra în funcţiune CNE devin echilibrate sau excedentare în 1990 sau 1995.

De asemenea, se evidenţiază necesitatea realizării pînă în 1995 a celei de a 4-a CNE sau extinderea CNE Victoria, întrucît pe ansamblul SEN rămîne un deficit de circa 1200 MW (echivalent a două grupuri de 700 MW). În funcţie de amplasarea acestei puteri suplimentare se

Tabelul 1

(Valori în MW)

Anul	Zonele					
	1	2	3	4	5	6
1985	−200	−750	−550	−800	+2400	−100
1990	+2500	−1600	−1100	−1750	+1850	+100
1995	+1610	−2630	+4150	−1750	+1650	−550

1. Zona Dobrogea şi Muntenia de Est
2. Zona Muntenia
3. Zona Moldova
4. Zona Transilvania Centrală şi de Nord
5. Zona Oltenia
9. Zona Transilvania de Vest şi Banat

va reduce deficitul de putere în zona Muntenia, respectiv în Transilvania centrală şi de nord.

Reţelele necesar a fi realizate în SEN în etapa 1986—1990 trebuie să satisfacă schimbul de puteri dintre zone, atît în această etapă, cît şi în etapele următoare, cînd, datorită schimbării balanţelor pe zone, rolul acestora se va modifica, putîndu-se ajunge în situaţii în care unele artere nu s-ar mai justifica după 1990.

2. Strategii posibil a fi considerate în lucrările de fundamentare a liniilor de transport în etapa 1986—1990 şi 1995

Condiţiile de funcţionare a reţelei de transport SEN au făcut obiectul a numeroase studii din care s-au evidenţiat condiţiile limită : încărcări mari pe liniile de transport care leagă zonele Dobrogea şi Oltenia de zonele deficitare Moldova şi Transilvania, niveluri scăzute de tensiune, scăderea randamentului în instalaţiile de transport, funcţionarea cu un nivel de siguranţă relativ redus.

În legătură cu această etapă s-au evidenţiat ca posibile :

1. Întărirea reţelelor de transport pentru a face faţă, în condiţii de randament şi siguranţă corespunzătoare, actualelor norme. Investiţiile necesare care au rezultat sînt foarte mari (sute de milioane lei) şi în majoritate nu se încadrează în perspectivă, deoarece ulterior, prin construirea centralelor nuclearoelectrice din Moldova şi Transilvania se va ajunge treptat la o echilibrare a tuturor zonelor din ţară.

2. Micşorarea deficitelor prin menţinerea în funcţiune a centralelor funcţionînd pe hidrocarburi (Luduş, Fîntînele, Borzeşti şi altele), pînă la punerea în funcţiune a primelor grupuri din Moldova, respectiv Transilvania. Aceasta ar asigura condiţii normale de funcţionare pentru sistem, dar implică alocarea de hidrocarburi suplimentar faţă de plan şi micşorarea producţiei pe centralele din zonele excedentare Dobrogea (CNE) şi Oltenia (CTE pe cărbune). Aceasta ar fi însă — tehnico-economic — soluţia optimă.

3. Acceptarea — pentru perioada de tranziție — a depășirii normei de consum propriu tehnologic și a reducerii siguranței în funcționare. Se evită astfel construirea de noi instalații și se respectă prevederile referitoare la repartizarea producției pe centrale. Soluția însă nu corespunde tehnic și nu ar fi recomandabilă.

O decizie trebuie luată repede de către forurile competente pentru a putea face față situației energetice în perioada imediat următoare.

O altă problemă deosebită o constituie creșterea planificată la nivelul anului 1990 cu circa 34% a consumului de energie electrică față de anul 1985. Aceasta ridică problema stabilirii strategiei de preluare a consumului, fie prin rețelele de repartiție de 110 kV existente, crescînd numărul stațiilor de injecție 400/110 kV, fie dezvoltînd capacitatea rețelelor de repartiție și distribuție și, corelat cu aceasta, realizarea unui număr redus de stații 400/110 kV.

Concluzii

În legătură cu dezvoltarea în perspectivă a rețelelor electrice ale SEN apar următoarele probleme:

1. Stabilirea unei strategii pentru perioada de tranziție 1986—1990.

2. Asigurarea eficienței economice a lucrărilor din rețelele SEN în etapa după 1990, cînd se va realiza o echilibrare a zonelor prin intrarea în funcțiune a CNE menționate.

3. Dezvoltarea unor rețele SEN în strînsă necesitate cu apariția CNE și asigurarea funcționării sigure a acestora, respectiv evacuarea puterilor produse în aceste centrale.

4. Dezvoltarea judicioasă a rețelelor de 110 kV și de distribuție.

Suplimentar față de aceasta, apar următoarele probleme deosebit de importante:

— Asigurarea unui grad de siguranță în alimentarea zonelor de consum și funcționarea în ansamblu a sistemului energetic.

— Creșterea randamentului rețelelor electrice în ideea asigurării unui consum tehnologic minim în acestea, fără promovarea unor investiții noi.

— Utilizarea judicioasă a interconexiunilor existente și în curs de realizare și eventuala extindere a legăturilor de interconexiune în contextul celor arătate mai sus.

— Introducerea unor tehnologii noi, care să asigure o exploatare mai bună a interconexiunilor (de exemplu introducerea transportului în curent continuu).

— Dezvoltarea sistemelor de conducere operativă, automatizare și protecție prin relee bazate pe tehnică de calcul de proces.

— Ridicarea permanentă a calității (fiabilitate și randament) echipamentelor și a utilajelor introduse în SEN. Asigurarea asimilării de noi tipuri de produse la actualul nivel al tehnicii mondiale.

Din cele de mai sus rezultă sarcinile deosebit de mari ce ne revin pentru asigurarea realizării unui sistem energetic tehnic corespunzător situației actuale pe plan mondial, care să asigure alimentarea continuă la parametrii nominali a tuturor instalațiilor.

(Primit la 28 octombrie 1985, acceptat la 11 noiembrie 1985)

Conducerea și automatica SE

Funcțiunile automaticii centralizate din stația 750/400 kV Isaccea, corelarea cu automaticile din U.R.S.S. și R.P.B. și condițiile tehnice pentru aparatajul cu care trebuie realizată

Dr. ing. George Moraite, dr. ing. Andrei Cristovici, dr. ing. Anca Popescu, ing. Ștefania Velicu *

Descriptori: stații electrice, conducere automată, sisteme electroenergetice

Considerații generale

În etapa actuală, avînd în vedere intrarea în funcțiune a centralelor electrice de foarte mare putere, a rețelelor cu mare capacitate de transport al energiei electrice și a interconexiunilor internaționale de foarte înaltă tensiune, creșterea siguranței în funcționare a Sistemului Electroenergetic Național (SEN), sub aspectul menținerii stabilității și continuității în funcționarea interconectată după perturbații grave, prezintă o importanță deosebită. În acest context, în planificarea SEN, ca de altfel în majoritatea țărilor interconectate, se consideră justificat tehnico-economic criteriul de siguranță după care funcționarea stabilă trebuie menținută și după declanșarea oricărei linii din rețeaua de transport de energie electrică sau a oricărui grup generator (criteriul N—1). La nivelul interconexiunilor internaționale, pînă în prezent acest criteriu nu constituie o condiție general acceptată, mai ales în rețele cu tensiuni peste 500 kV.

În același timp, pentru prevenirea instabilității și limitarea efectului unor perturbații

* Dr. ing. George Moraite, dr. ing. Andrei Cristovici — proiectanți principali gr. I, dr. ing. Anca Popescu, ing. Ștefania Velicu — proiectanți principali gr. III — ISPE București.

mai grave decît cele corespunzătoare criteriului (N−1), se dezvoltă treptat sisteme de automatică de limitare a extinderii avariilor (ALEA), automatizări cu acţionări rapide (max. 0,5−3 s din momentul producerii perturbaţiei).

Funcţiunile complexe ale acestor automatizări au condus la necesitatea implementării microprocesoarelor pentru prelucrarea informaţiilor (controlul suprasarcinilor în reţeaua de transport şi determinarea încărcărilor maxime admisibile corelate cu topologia acestei reţele din momentul respectiv) şi emiterea ordinului de acţionare (descărcări rapide de sarcină a reţelei, urmate de secţionări etc.) în diverse staţii de transformare din sistemul energetic. Astfel de sisteme se dezvoltă în prezent în U.R.S.S. şi în reţeaua de interconexiune a ţărilor membre CAER în Japonia, S.U.A., Suedia. În cadrul ISPE, în perioada 1970−1984 s-au efectuat studii şi cercetări de fundamentare a oportunităţii dezvoltării sistemelor de automatică de limitare a extinderii avariilor în SE al R.S.R., activitate finalizată prin elaborarea documentaţiilor de proiectare şi implementare în SEN.

Astfel, în etapa 1972−1980 s-au proiectat şi realizat ALEA cu acţionări locale, în special pentru descărcarea automată rapidă DASP a reţelei de transport după perturbaţii grave care au condus la scăderea rezervei de stabilitate statică sub o anumită valoare în diverse zone ale SEN. Această descărcare (DASP) efectuată cu controlul suprasarcinilor în reţeaua de transport, constituie una din funcţiunile importante realizate de ALEA.

De asemenea, în etapa 1978−1985 s-au elaborat documentaţiile şi s-au realizat automatizări de secţionare a reţelei electrice, precum: separarea SEN de sistemele energetice ale ţărilor vecine (SEI), separarea unor zone de consum a SEN pe unele din interconexiunile cu SEI, insularizarea unor grupuri generatoare cu consum local, prioritar, secţionarea reţelei de 220 kV sau 400 kV în cazul unor scurtcircuite polifazate din apropierea marilor centrale electrice etc. În această etapă s-au elaborat condiţiile tehnice şi s-au realizat, de către ICEMENERG, dispozitive automate specializate pentru sesizarea regimurilor tranzitorii în care este necesară acţionarea ALEA (de exemplu dispozitivul de sesizare a regimurilor asincrone).

Realizarea în etapa 1985−1986 a interconexiunii la 750 kV între sistemele energetice ale U.R.S.S., R.S.R. şi R.P.B. a condus la necesitatea dezvoltării în continuare a ALEA din SEN în etapa 1985−1990, necesitate impusă în special de creşterea capacităţii de transport a reţelei de interconexiune cu ţările vecine şi a schimburilor de putere cu aceste ţări.

Realizarea acţiunii de DASP şi secţionare a reţelei de transport cu controlul importului de putere în SEN şi în SE al R.P.B. în cazul unor perturbaţii grave, a condus la necesitatea studierii şi proiectării, în cadrul ISPE, a unei ALEA centralizate în staţia 750 kV Isaccea cu teleinformaţii din staţiile de interconexiune cu SEI şi telecomenzi elaborate prin microprocesoare (microsisteme de calcul cu logică programabilă). S-a avut în vedere încadrarea ALEA cu acţionări locale din etapa anterioară în sistemul ALEA centralizat.

1. Funcţiunile principale ale ALEA centralizate

Prin intrarea în funcţiune a interconexiunii la 750 kV dintre staţiile Ucraina Sud şi Isaccea (linie pe care în cele ce urmează o vom denumi L_1), capacitatea de transport a reţelei de interconexiune a SE al R.S.R. cu sistemele energetice ale ţărilor vecine (SEI) creşte considerabil, atingînd valori de peste 2000 MW în situaţia în care toate liniile de interconexiune sînt în funcţiune, şi anume, în afară de L_1: 750 kV Isaccea−Dobrudja (R.P.B.), pe care o vom denumi L_2; 400 kV Mukacevo (U.R.S.S.) − Roşiori, L_3; 400 kV d.c. Ţînţăreni − Kozlodui (R.P.B.), L_4; 220 kV Arad−Szeged (R.P.U.), L_5; 220 kV Işalniţa−Kozlodui (R.P.B.), L_6. În acelaşi timp valoarea maximă admisibilă din punctul de vedere al stabilităţii importului însumat al R.S.R. şi R.P.B., din U.R.S.S., este influenţată şi de interconexiunea la 400 kV între staţiile Moldavskaia (U.R.S.S.) şi Tolbuhin (R.P.B.) pe care o vom denumi L_7. Valoarea maximă admisibilă a acestui import însumat cu toate cele şapte linii de interconexiune susmenţionate în funcţiune, este de ordinul a 3200 MW în etapa 1986 şi circa 4400 MW în etapa 1990. Valoarea admisibilă a acestui import însumat (PS 1−2) al R.S.R. (PS 1) şi R.P.B. (PS 2) scade la circa 1700 MW, respectiv 2100 MW în situaţia în care artera L_1 este declanşată.

În studiile ISPE s-au evaluat aceste valori maxime admisibile pentru PS1−2 în diverse situaţii privind starea anclanşat − declanşat a celor şapte artere de interconexiune menţionate, precum şi a autotransformatoarelor 2 × 1250 MVA 750/400 kV din staţia Isaccea. Au rezultat astfel circa 30 de valori semnificative pentru PS 1−2 maxim admisibil. Prin urmare menţinerea stabilităţii transportului de putere din U.R.S.S. spre R.S.R. şi R.P.B. necesită o adaptare a valorii acestuia la topologia reţelei de interconexiune respective. Astfel, de exemplu, dacă la un moment dat importul PS 1−2 are valoarea de 2500 MW şi declanşează L_1, este necesară descărcarea automată rapidă de sarcină, în 1−2 s din momentul declanşării liniei L_1, a unor tranşe însumînd în SE al R.S.R. şi SE al R.P.B. minimum 400 MW, tranşe proporţionale cu importul planificat al celor două ţări. Dacă o astfel de descărcare auto-

mată rapidă cu controlul importului și al topologiei rețelei de interconexiune (RADP) nu are loc, este posibilă amorsarea unor regimuri instabile în care pot avea loc avarii extinse.

Evident, descărcarea de sarcină trebuie efectuată în volum și mai mare dacă anterior declanșării liniei L_1 se aflau declanșate alte artere de interconexiune, de exemplu L_3, L_7 etc.

Prin urmare, principala funcțiune a automaticii centralizate din SEN este de a controla în permanență evoluția valorilor importurilor PS 1 și PS 1—2 și de a pregăti strategia de acționare astfel încît la orice modificare a topologiei rețelei de interconexiune sau în cazul creșterii bruște a importului să se realizeze rapid (în 1—3 s) acțiunea corectivă necesară pentru menținerea stabilității transportului de putere.

În concepția ISPE a funcțiunilor acestui sistem de automatică s-a avut în vedere :

a. Necesitatea memorării pe durate de timp de maximum 1 s a informațiilor privind încărcarea cu putere activă a fiecărei linii de interconexiune prin care se realizează PS 1 și PS 1—2 și topologia rețelei de transport respective. Dacă valorile puterilor active vehiculate pe linii nu ar fi memorate, ci ar fi obținute prin teleinformații după producerea perturbației care a condus la depășirea limitei de stabilitate, aprecierea valorilor pentru PS ar fi eronată în regimul tranzitoriu care urmează perturbației, puterile active variază cu o mare viteză. Din analize detaliate efectuate de ISPE referitoare la regimurile tranzitorii provocate de diverse tipuri de perturbații a rezultat viteza de variație a importului în următoarele 1—3 s, care poate depăși 500 — 1000 MW/s. Prin urmare, valorile pentru PS și pregătirea scenariilor pentru diverse tipuri de perturbații caracteristice trebuie efectuate în mod continuu, cu memorarea rezultatelor pe intervale de timp care să nu depășească circa 0,5 s, pentru ca reactualizarea deciziilor să fie cît mai puțin afectată de probabilitatea apariției a două perturbații succesive.

Această funcțiune necesară a automaticii centralizate a condus la soluția cu microsisteme de calcul.

b. Tipurile de acțiuni corective luate pe baza deciziilor elaborate de microsistemele de calcul sînt :

— descărcarea de sarcină în SE în care a avut loc perturbația (SE al R.S.R. sau SE al R.P.B.) cu deficit de putere și în ambele SE (proporționale cu importul planificat) la declanșarea arterei L_1 ;

— separarea unei zone deficitare de putere din SEN pe nodul 750 kV Isaccea, simultan cu declanșarea liniilor L_4 și L_6, în situațiile în care DASP nu a fost eficient pentru revenirea la o funcționare stabilă după o perturbație în SEN care a condus la majorarea valorii pentru PS 1 ;

— separarea SEN de SE al R.P.B., prin declanșarea liniilor $L_2—L_4—L_6$, dacă perturbația cu deficit suplimentar de putere a avut loc în SE al R.P.B., iar acțiunile corective în acest SE nu au condus, în circa 1 s, la scăderea valorii pentru PS 1—2 la valori admisibile.

Aceste trei tipuri principale de acțiuni corective vor trebui să fie dozate în cadrul strategiilor de calcul selectate de microsistemele de calcul funcție de gravitatea perturbației și de topologia rețelei de interconexiune imediat înainte de producerea perturbației. Aceste strategii, pentru care ISPE a elaborat schemele bloc de principiu necesare realizării în continuare a soft-ului, prevăd și posibilitatea ca în anumite cazuri să se realizeze în primul rînd zonarea în SEN cu sau fără DASP.

c. Durata maximă admisibilă de realizare a acțiunilor corective, considerată din momentul producerii perturbației, nu trebuie să depășească 1,5 s pentru a exista o suficientă rezervă în ceea ce privește posibilitatea revenirii la un regim staționar stabil și, pe cît posibil, pentru menținerea funcționării interconectate a SEN cu SEI.

2. Condiții tehnice pentru echipamente necesare pentru realizarea automaticii centralizate

Informațiile privitoare la starea sistemului, anterioare producerii unei perturbații, necesare pentru pregătirea deciziilor, se referă la puterile pe liniile de interconexiune și poziția întrerupătoarelor pe liniile de interconexiune. Aceste informații se transmit sub forma unor telegrame, cu controlul și protecția codului de transmisie. Pentru asigurarea continuității recepției acestor informații se prevede transmiterea acestora prin două echipamente și căi de transmisie distincte.

Informațiile recepționate în stația Isaccea, se validează conform codului de transmisie ales, selectîndu-se mărimile recepționate corect.

În microsistemele centrale din Isaccea, care primesc informațiile la distanță și local din stație, se elaborează deciziile de acționare pentru diferite tipuri de perturbații, ce ar putea apărea pe baza soldurilor calculate pentru R.S.R., R.P.B. și total secțiune. Pentru rezervarea microsistemelor din stația Isaccea, se prevăd două microsisteme care să ruleze în paralel același program. Din cele două microsisteme unul este activ, respectiv poate emite comenzi de acționare în cazul apariției unei perturbații, iar celălalt este de rezervă. În cazul defectării microsistemului principal, cel de rezervă preia integral funcțiunile microsistemului principal. La apariția unei perturbații (declanșarea L_1 sau salt de putere pe L_1 sau declanșarea ambelor AT etc.) sesizează local în stația

Isaccea sub forma unei mărimi binare (contact de releu), în microsistemul de calcul se găsește pregătită decizia de acționare pentru tipul respectiv de perturbație și se poate transmite comanda de acționare.

Comanda de acționare se transmite pe două căi diferite, sub forma unei te'egrame cu cod

3. Schema logică de principiu de pregătire și dozare a acțiunilor

Pe baza informațiilor teletransmise de pe liniile de interconexiune și a informațiilor locale culese din stația Isaccea, la fiecare 0,5 s, se calculează soldurile R.S.R., R.P.B. și puterea im-

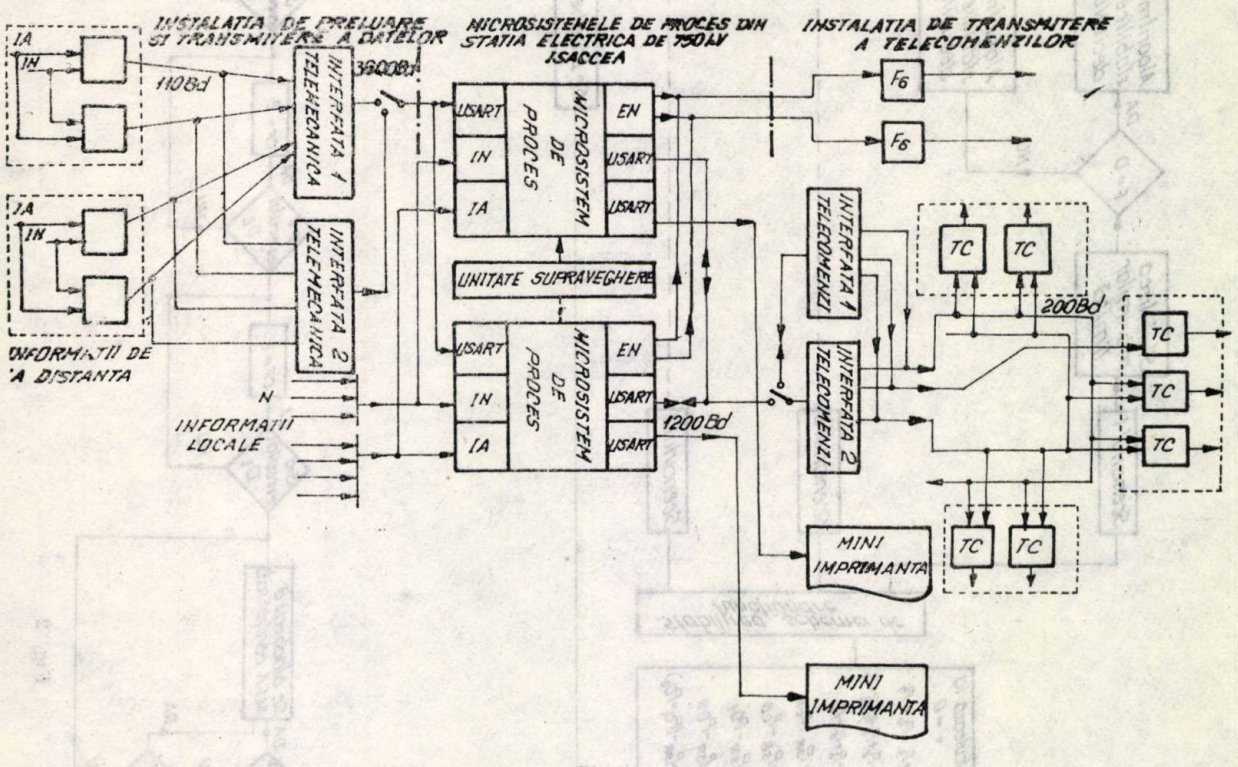


Fig. 1

protejat, în toate stațiile în care se prevede acționarea. Telegrama de comandă este recepționată de două echipamente distincte, selectîndu-se în fiecare stație numai telecomanda specifică acesteia.

Pentru verificarea integrității circuitelor de telecomandă, se transmite ciclic o telegramă de verificare. Nerecepționarea corectă a telegramei de verificare în stații se semnalizează local.

Schema de principiu a instalației este prezentată în figura 1. Ținînd seama de condițiile tehnice impuse, timpul în care urmează să se realizeze acțiunile rezultă :

— din 0,5 în 0,5 s se reînnoiesc informațiile și se recalculează deciziile ;

— la apariția unei perturbații, decizia fiind pregătită, se emite telecomanda necesară, astfel încît timpul de transmisie-recepție a telegramei, decodificarea și execuția va fi de circa 0,4—0,5 s, ceea ce satisface exigențele prevăzute ca durată de timp necesară acționării ca urmare a unei perturbații. Diagrama de timp este prezentată în figura 2.

portată pe secțiunea de legătură cu U.R.S.S. Puterea pe secțiunea de legătură cu U.R.S.S. se compară cu limita de stabilitate pentru situația în care ar apărea declanșarea unei linii. Dacă puterea pe secțiune este mai mare decît limita de stabilitate se stabilește volumul de DAS necesar (treapta I sau II sau I + II) și sistemul în care trebuie să se efectueze aceste acțiuni funcție de soldurile fiecărei țări, comparate cu puterea planificată. În acest mod se stabilește decizia de acționare și dozarea acțiunii pentru cazul deconectării unei artere principale.

În cazul declanșării arterei pentru care s-a stabilit decizia de acționare, sesizată prin contactul releului de supraveghere a întreruptorului liniei (circa 0,05 s), printr-un nivel de întreruperi al microsistemului, se oprește ciclul și se transmite telegrama de acționare, pregătită anterior.

Pentru cazul unui salt de putere pe linie, schema logică de pregătire a deciziei se bazează pe aprecierea valorii derivatei de putere cu care se produce saltul. Astfel, se compară puterea pe secțiune cu limita de stabilitate pentru schema dată. Din aceste două valori și cunoscînd că timpul de execuție a acțiunii este de 0, 5 s, se

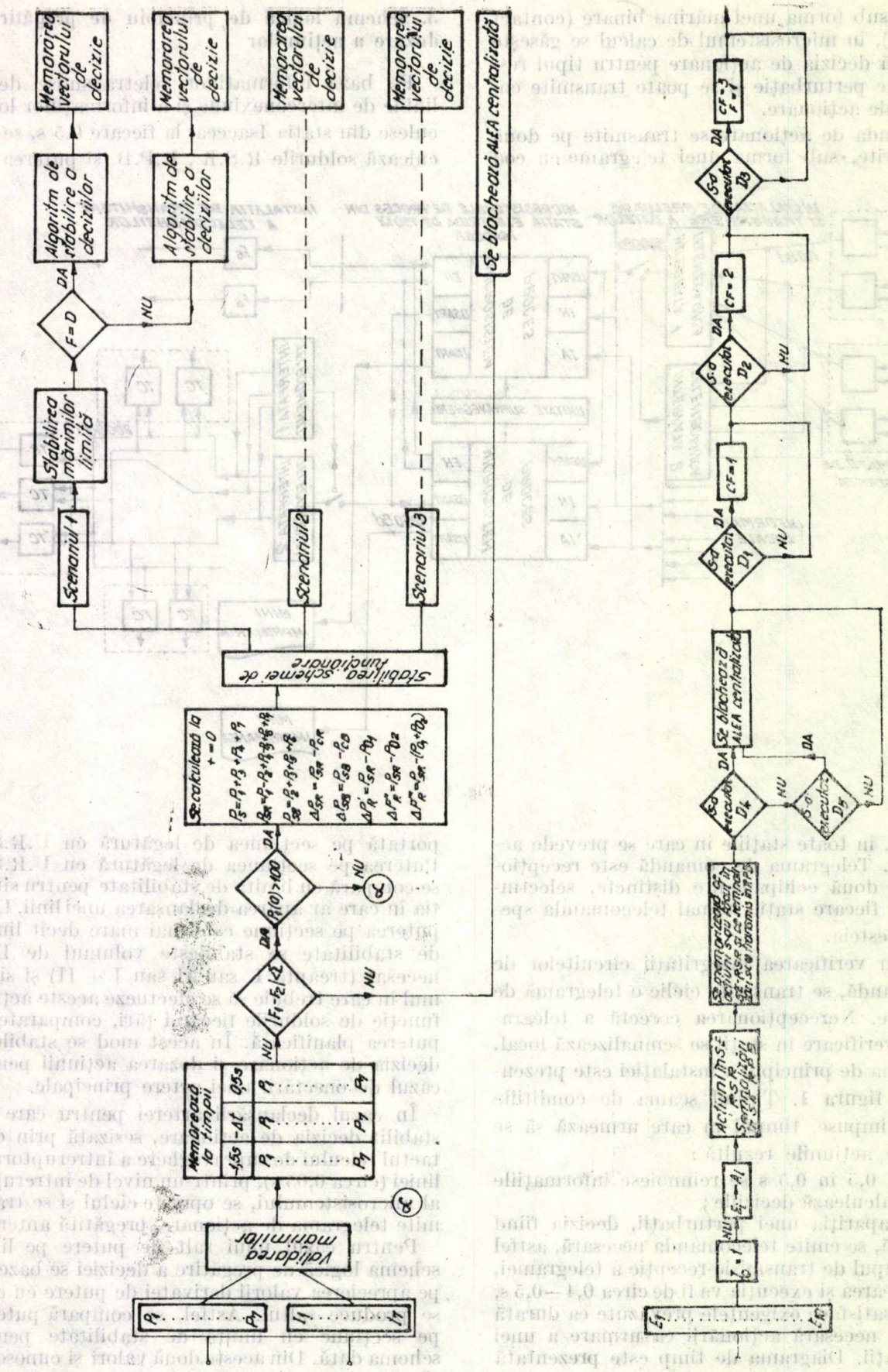

Memorarea vectorului de decizie
Algoritm de stabilire a deciziilor
F=D
DA
NU
Stabilirea mărimilor limită
Scenariul 1
Scenariul 2
Scenariul 3
Se blochează ALEA centralizată
Stabilirea schemei de funcționare
Se calculează la t=0
Memorează la timpii
Validarea mărimilor
Se blochează ALEA centralizată
CF=1
CF=2
CF=3

Fig. 2

apreciază care este derivata la origine a saltului de putere care ar putea să conducă la depășirea limitei de stabilitate. Funcție de valoarea acestei derivate și a puterii inițiale pe secțiune se stabilește dacă este suficientă acționarea DAS sau este necesar să se separe o zonă pe linia de interconexiune.

Pentru evitarea propagării perturbațiilor între zone sau sisteme este necesară dezvoltarea unor instalații de automatică care să supravegheze funcționarea sistemului în apropierea limitelor de stabilitate (ALEA).

Concepția elaborată în ISPE privind dezvoltarea ALEA în SEN se bazează pe o analiză

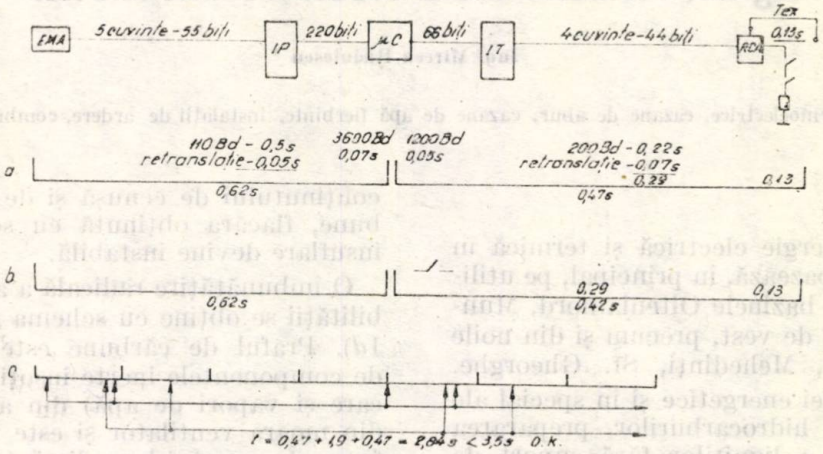


Fig. 3

În acest mod, pe baza informațiilor dinaintea producerii unei perturbații se pot pregăti deciziile de acționare pentru orice eveniment simplu sau chiar multiplu.

La producerea unui eveniment și transmiterea comenzilor de acționare, la circa 1 s după transmiterea comenzii, se face verificarea corectitudinii execuției acțiunilor prin verificarea noii valori a puterii pe secțiune. Dacă rezultă că acțiunile comandate nu au fost suficiente, se poate transmite o nouă comandă corectivă.

Schema de principiu a logicii de pregătire și dozare a acțiunilor automaticii este prezentată în figura 3.

În memoria calculatorului se memorează matricea limitelor de stabilitate pentru schema normală și scheme cu N—1, N—2 și N—3 linii de interconexiune în funcțiune.

De asemenea, pentru fiecare eveniment (perturbație) care se poate produce se memorează decizia de acționare care trebuie executată. Astfel se creează un vector de decizii de acționare, corespunzător vectorului de evenimente luate în considerare.

Concluzii

Dezvoltarea sistemelor și a interconexiunilor și creșterea fluxurilor de putere între zone sau sisteme, determină o sensibilitate mult mai mare a acestor sisteme la perturbații, mai ales cînd se funcționează aproape de limita capacităților de transport.

complexă a regimurilor de funcționare și a condițiilor de stabilitate statică și tranzitorie referitoare la etapa de perspectivă 1986—1990 în care capacitatea de transport a rețelei de interconexiune a SEN cu SEI crește considerabil prin intrarea în funcțiune a arterelor de 750 kV dintre SE ale U.R.S.S., R.S.R. și R.P.B.

În elaborarea acestei concepții s-au avut în vedere și soluțiile de principiu pentru automatizările de sistem adoptate în U.R.S.S. și Japonia și bazate, de asemenea, pe microsisteme de calcul.

Bibliografie

[1] Maury, F., Barret, J. P. *L'incident du 19 décembre 1978.* In: RGE, Tome 89, nr. 4, avril, 1980.

[2] Knight, U. G. *The Implementation of Emergency Control.* CIGRE Study Committee 39, Symposion CIGRE, Florence, 1983.

[3] Sovalov, S.A. *Rejimi edinoi energosistemi*—Moscova, Energoatomizdat, 1983.

[4] Moraite, G. *Asupra unor criterii de siguranță în funcționarea sistemelor electroenergetice.* In: Buletin ISPE, nr. 3—4, 1981.

[5] Moraite, G. *Asupra unor automatizări pentru mărirea siguranței în funcționare a sistemului electroenergetic în regimuri tranzitorii.* In: Energetica, 22, 1974, nr. 6—7, p. 253—265.

[6] Cristovici, A. *Posibilități și căi de utilizare a calculatoarelor de proces pentru automatizări de sistem în sistemele energetice.* In: Energetica, 28, 1980, nr. 7, p. 274—277.

[7] Cristovici, A., Vatră, F. *Aspecte privind utilizarea minicalculatoarelor de proces în automatica de sistem.* In: Buletin ISPE, nr. 4, 1982.

(Primit la 29 octombrie 1985, acceptat la 5 noiembrie 1985)

Direcții de cercetare și rezultatele obținute privind perfecționarea tehnologiilor de ardere a lignitului și reducerea consumului de hidrocarburi suport de flacără la cazanele cu funcționare pe lignit din centralele electrice din R.S.R.

Ing. Mircea Rădulescu *

Descriptori: centrale termoelectrice, cazane de abur, cazane de apă fierbinte, instalații de ardere, combustibili solizi inferiori (ligniți)

Introducere

Producția de energie electrică și termică în R. S. România se bazează, în principal, pe utilizarea ligniților din bazinele Oltenia-nord, Muntenia, Transilvania de vest, precum și din noile exploatări Horezu, Mehedinți, Sf. Gheorghe.

În condițiile crizei energetice și în special ale prețului ridicat al hidrocarburilor, prepararea și arderea stabilă a ligniților fără suport de hidrocarburi constituie o preocupare prioritară a energeticienilor.

Stabilitatea flăcării de cărbune este influențată negativ de conținutul de balast (umiditate și cenușă) al acestuia. Ligniții, care constituie combustibilul de bază pentru producerea energiei electrice în țara noastră, se caracterizează printr-un conținut ridicat de balast. Ligniții sînt arși în stare pulverizată în focarele cazanelor din centralele electrice și centralele electrice de termoficare. Măcinarea lor se face în mori ventilator sau mori ventilator cu ciocane, care asigură și uscarea lor cu gaze fierbinți extrase din focar. Aceste gaze amplifică debitul de balast care însoțește praful de cărbune în arzător. Balastul inertizează amestecul combustibil, în sensul că reduce prin încălzirea proprie cantitatea de căldură disponibilă ca energie de aprindere a masei combustibile. Cenușa preia mai puțină căldură decît gazele inerte, dar constituie o piedică în degajarea materiilor volatile și în accesul căldurii de aprindere și a oxigenului la masa combustibilă.

Fiind cărbuni tineri, ligniții au un conținut ridicat de materii volatile, care asigură aprinderea și stabilitatea flăcării chiar în prezența unui conținut de balast moderat. Din acest motiv, cea mai răspîndită schemă tehnologică de insuflare a prafului de lignit în arzător este schema directă (fig. 1*a*). În această schemă amestecul evacuat din moară, compus din gaze de uscare, vapori de apă proveniți din uscare și praf de cărbune se insuflă direct prin arzătoare în focare. La depășirea unor valori limită ale conținutului de cenușă și de umiditate în cărbune, flacăra obținută cu schema directă de insuflare devine instabilă.

O îmbunătățire radicală a aprinderii și a stabilității se obține cu schema semiindirectă (fig. 1*d*). Praful de cărbune este separat complet de componentele inerte însoțitoare (gaze de uscare și vapori de apă) din amestecul evacuat din moara ventilator și este insuflat cu aer în focar. În acest fel se elimină efectul inertizant al balastului gazos și se asigură o concentrație mărită de oxigen a gazului purtător.

Între cele două soluții extreme, insuflarea directă și insuflarea semiindirectă, se aplică soluții intermediare, prin care se realizează o ameliorare parțială a condițiilor de aprindere.

Una din soluții este insuflarea directă cu concentrator de praf (fig. 1*b*). Amestecul provenit din moară este divizat în două sau trei fluxuri și concentrații de praf diferite în gazul purtător cu ajutorul unui dispozitiv cu palete elicoidale, concentratorul de praf, montat în conducta de evacuare din moară. O parte redusă din gazul purtător se insuflă împreună cu cea mai mare parte din praful de cărbune în etajul inferior al arzătorului, iar partea cea mai mare a gazului inert împreună cu restul prafului de cărbune se insuflă în etajul superior. Uneori se mai realizează și un etaj intermediar. Reducerea proporției de gaz inert și creșterea concentrației de cărbune ameliorează condițiile de aprindere, care pot fi caracterizate prin temperatura teoretică a flăcării. Se notează cu l cantitatea de gaze, raportată la cantitatea totală de gaze, și cu g cantitatea de praf de cărbune, raportată la cantitatea totală de praf de cărbune, insuflate în etajul inferior al arzătorului. Raportul l/g caracterizează concentrația realizată.

În schema directă raportul l/g are valoarea 1, iar în schema semiindirectă are valoarea 0 (zero). În schema cu concentrator, raportul l/g ia valori intermediare, cele mai bune rezultate fiind obținute pentru valori $l/g = 0{,}3-0{,}4$.

În figura 2 este reprezentată pentru lignitul din bazinul Oltenia-nord variația temperaturii teoretice de ardere în funcție de raportul l/g.

* Ing. Mircea Rădulescu – șef Secție Cercetare Instalații de Cazane și Combustibili – ICEMENERG.

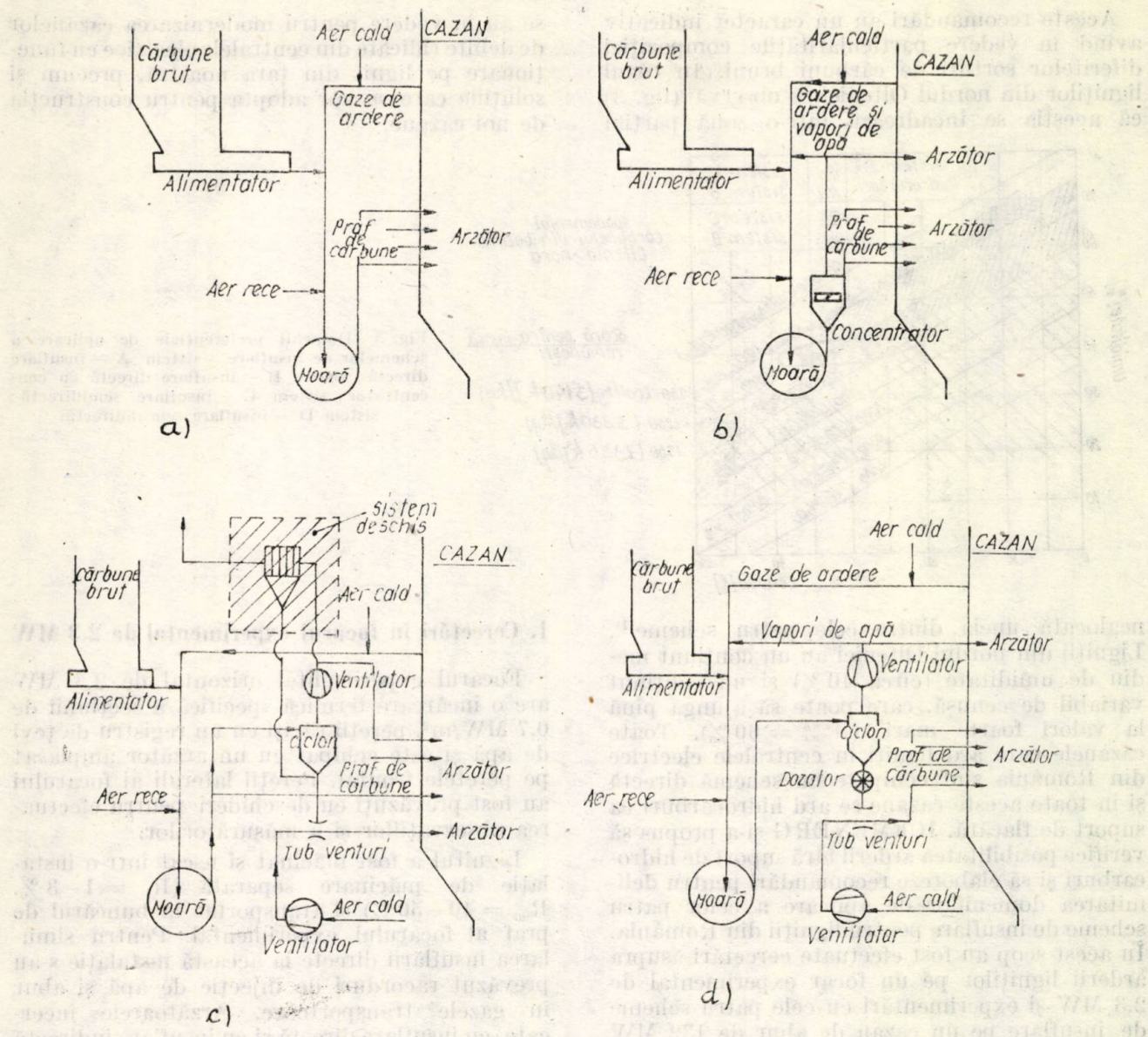


Fig. 1. Scheme de preparare și insuflare a prafului de cărbune : a — schema cu insuflare directă ; b — schema cu insuflare directă cu concentrator de praf ; c — schema cu insuflare semidirectă (sistem închis) ; d — schema cu insuflare semiindirectă (sistem închis).

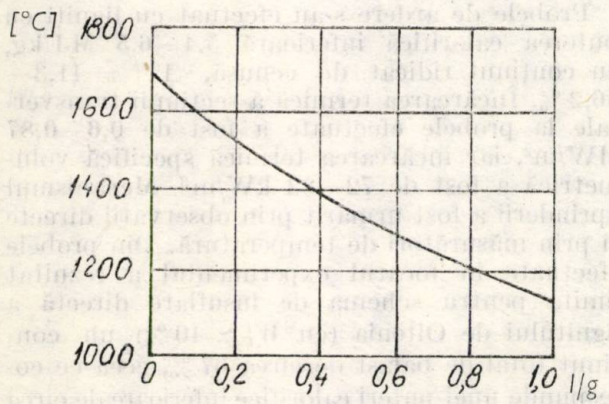


Fig. 2. Variația temperaturii teoretice de ardere în funcție de modul de insuflare. Lignit din bazinul Oltenia nord Q_i^i = = 6,5 MJ/kg (1550 kcal/kg), $W_t^i = 40\,\%$, $A^i = 25{,}5\,\%$, $W^p = 12\,\%$, $\alpha_f = 1{,}3$.

Acționînd prin separarea parțială a gazelor inerte, schema cu concentrator este cu atît mai eficace, cu cît cărbunele este mai umed. La cărbunii cu umiditatea redusă schema nu mai găsește justificare.

A doua soluție de ameliorare este schema cu insuflare semidirectă (fig. 1c). În această schemă o parte din praful de cărbune (30—40 %) este separată complet de balastul însoțitor și insuflată cu aer într-un arzător de sprijin al părții majore a prafului de cărbune insuflat direct în arzătorul principal, împreună cu balastul gazos însoțitor.

Domeniile preferențiale pentru utilizarea celor patru scheme au fost recomandate în literatura tehnică în funcție de conținutul de balast (fig. 3).

Aceste recomandări au un caracter indicativ avînd în vedere particularităţile compoziţiei diferitelor sorturi de cărbuni bruni. În cazul ligniţilor din nordul Olteniei se observă (fig. 3) că aceştia se încadrează într-o zonă parţial

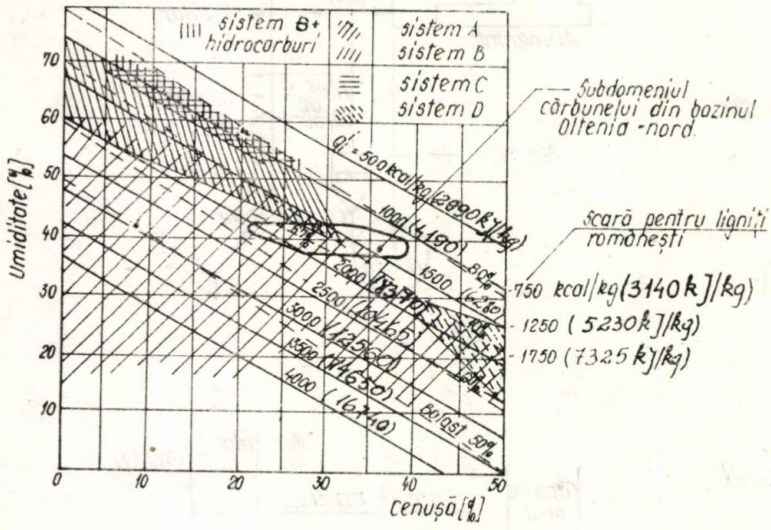


Fig. 3. Domenii preferenţiale de aplicare a schemelor de insuflare : sistem A — insuflare directă ; sistem B — insuflare directă cu concentrator ; sistem C — insuflare semidirectă ; sistem D — insuflare semiindirectă.

nealocată uneia dintre cele patru scheme [1]. Ligniţii din nordul Olteniei au un conţinut mediu de umiditate (circa 40 %) şi un conţinut variabil de cenuşă, care poate să ajungă pînă la valori foarte mari ($A^{anh}_{max} = 60\,\%$). Toate cazanele care ard ligniţi în centralele electrice din România sînt echipate cu schemă directă şi în toate aceste cazane se ard hidrocarburi ca suport de flacără. ICEMENERG şi-a propus să verifice posibilitatea arderii fără suport de hidrocarburi şi să elaboreze recomandări pentru delimitarea domeniilor de aplicare a celor patru scheme de insuflare pentru ligniţii din România. În acest scop au fost efectuate cercetări asupra arderii ligniţilor pe un focar experimental de 2,3 MW şi experimentări cu cele patru scheme de insuflare pe un cazan de abur de 132 MW (165 t/h) [1, 2, 3]. De asemenea, în cooperare cu Întreprinderea Tehenergo-Sofia (R.P.B.) s-a realizat modernizarea instalaţiei de măcinare şi ardere a lignitului la un cazan de 645t/h prin modificarea morilor şi introducerea concentratoarelor de praf de cărbune. Pe baza cercetărilor şi experimentărilor industriale efectuate se vor preciza în continuare soluţiile care se au în vedere pentru modernizarea cazanelor de debite ridicate din centralele electrice cu funcţionare pe lignit din ţara noastră, precum şi soluţiile care se vor adopta pentru construcţia de noi cazane.

1. Cercetări în focarul experimental de 2,3 MW

Focarul experimental orizontal de 2,3 MW are o încărcare termică specifică a secţiunii de 0,7 MW/m², pereţii răciţi cu un registru de ţevi de apă şi este echipat cu un arzător amplasat pe peretele frontal. Pereţii laterali ai focarului au fost prevăzuţi cu deschideri pentru efectuarea observaţiilor şi a măsurătorilor.

Lignitul a fost măcinat şi uscat într-o instalaţie de măcinare separată ($R_1 = 1-3\,\%$, $R_{90} = 40-50\,\%$) şi transportat la buncărul de praf al focarului experimental. Pentru simularea insuflării directe la această instalaţie s-au prevăzut racorduri de injecţie de apă şi abur în gazele transportoare. Arzătoarele încercate, cu insuflare directă şi cu insuflare indirectă au fost dimensionate pe baza legilor de similitudine geometrică şi cinetică cu arzătoarele industriale existente.

Probele de ardere s-au efectuat cu ligniţi cu puterea calorifică inferioară 5,4—6,5 MJ/kg, cu conţinut ridicat de cenuşă, $A^{anh} = 41{,}3-56{,}2\,\%$. Încărcarea termică a secţiunii transversale la probele efectuate a fost de 0,6—0,87 MW/m², iar încărcarea termică specifică volumetrică a fost de 72—82 kW/m³. Mecanismul aprinderii a fost urmărit prin observaţii directe şi prin măsurători de temperatură. Din probele efectuate în focarul experimental a rezultat limita pentru schema de insuflare directă a lignitului de Oltenia (cu $W^l \simeq 40\,\%$) un conţinut total de balast de circa 67 %, ceea ce corespunde unei puteri calorifice inferioare de circa 6,5 MJ/kg. Pentru schema de insuflare indirectă nu a fost constatată o limită, fiind ars fără suport de hidrocarburi un cărbune cu $A^{anh} = 56{,}2\,\%$,

1) Popa, T., Rădulescu, M., Totolo, C. *Elaborarea metodelor intensificate de măcinare şi tehnologii de preparare pentru creşterea stabilităţii arderii combustibililor solizi inferiori.* Simpozion CAER, Varna — R.P.B., 1985.

2) Popa, T., Rădulescu, M., Totolo, C. *Experienţa de ardere a ligniţilor româneşti cu conţinut ridicat de cenuşă.* Simpozion internaţional cu tema „Utilizarea ligniţilor cu conţinut mare de cenuşă în centralele electrice, Usti-R.S.C., 1985.

3) Popa, T., Rădulescu, M., Totolo, C. *Focare pentru arderea ligniţilor cu conţinut ridicat de balast, fără suport de hidrocarburi.* Sesiunea tehnico-ştiinţifică jubiliară ICEMENERG „25 de ani de cercetare tehnico-ştiinţifică în slujba realizării independenţei energetice a României, Bucureşti, septembrie 1985.

ceea ce corespunde unei puteri calorifice inferioare de circa 5,4 MJ/kg.

A fost pusă în evidență importanța temperaturii gazelor recirculate din flacără în legătură cu asigurarea energiei necesare pentru aprinderea prafului; a fost determinată valoarea minimă a temperaturii gazelor recirculației externe (925 K) la care s-a mai putut asigura aprinderea și arderea stabilă fără foc de sprijin.

2. Cercetări experimentale cu cele patru scheme de insuflare în sistemele de preparare cu mori ventilator

2.1. Încercări industriale cu schema de insuflare directă la un cazan de 132 MW (165 t/h)

Încercările la scară industrială cu cele patru scheme de insuflare s-au efectuat pe două cazane identice de 132 MW (165 t/h).

Aceste cazane au fost proiectate pentru lignit cu caracteristicile $Q_i^i = 8{,}8$ MJ/kg, $A^i = 27{,}5\ \%$, $W_l^i = 34\ \%$, cu un focar echipat cu patru mori ventilator de 23 t/h cu insuflare directă. Cazanele funcționează în prezent cu lignit cu putere calorifică medie anuală de circa 7,5 MJ/kg.

A fost efectuată inițial o probă de ardere cu sistemul direct de insuflare existent (vezi fig. 1*a*) cu un lignit de Oltenia cu caracteristicile: $Q_i = 5{,}3$ MJ/kg, $W_l^i = 42{,}5\ \%$, $A^{anh} = 42\ \%$. Acest cărbune nu a putut fi ars în cazan fără suport de hidrocarburi. Conținutul total de balast a fost de circa 67 %, adică în limita stabilită în cursul încercărilor pe focarul experimental.

2.2. Încercări industriale cu schema de insuflare semiindirectă la un cazan de 132 MW (165 t/h)

Un cazan de 132 MW a fost transformat experimental pentru schema de insuflare semiindirectă (vezi fig. 1*d*).

Principalele completări au fost patru ansambluri formate din cîte un ciclon, un alimentator celular de praf, un ejector de amestec, un arzător (care l-a înlocuit pe cel inițial) și conductele de legătură. Inițial fiecare ansamblu avea și cîte un buncăr intermediar de praf și cîte un alimentator cu șnec, la care s-a renunțat în cursul experimentărilor. În acest fel s-a evitat depozitarea prafului de cărbune și pericolul de explozie legat de aceasta.

De asemenea, au fost montate două ventilatoare de recirculare a gazelor din cicloane, două ventilatoare de aer primar racordate pe aspirație la canalele principale de aer după preîncălzitorul de aer regenerativ și racordate pe refulare la un canal colector de aer amplasat în jurul cazanului. Aparatele suplimentare de comandă și control, între care se menționează în special indicatoarele pentru debitele de aer primar, pentru temperatura amestecului aer-praf, pentru presiunea amestecului aer-praf, au fost montate pe un tablou suplimentar din camera de comandă termică.

Caracteristicile principale și parametrii de funcționare pentru arzătorul cu insuflare semiindirectă sînt prezentate în tabelul 1. Pentru probe

Tabelul 1

Caracteristicile și parametrii de funcționare ai arzătoarelor de praf

	U.M.	Insuflare semi-indirectă	Insuflare semi-directă
Viteza amestecului primar	m/s	20	12
Viteza aerului secundar	m/s	34	35
Temperatura amestecului primar	K	423	383
Temperatura aerului secundar	K	473	523
Concentrația de praf	kg/kg	0,8	0,3
Încărcarea termică a focarului:			
— a secțiunii transversale	MW/m²	2,36	
— volumică	kW/m³	168,8	
— a brîului arzătoarelor	MW/m²	0,95	

a fost utilizat un lignit din bazinul Oltenia-nord bogat în cenușă cu $A^{anh} = 49-57\ \%$. S-a putut funcționa fără suport de hidrocarburi cu acest cărbune la sarcini parțiale coborîte pînă la 35 %. Conținutul de nearse în zgură a scăzut față de schema de insuflare directă.

Introducerea noului sistem de insuflare a condus, așa cum era de așteptat, și la scăderea temperaturii de supraîncălzire a aburului, care a putut fi readusă la nominal prin recircularea de gaze reci în partea inferioară a focarului. Dificultatea principală apărută în exploatarea cazanului a fost formarea de zgură la depășirea încărcării termice specifice a brîului arzătoarelor, peste 1 MW/m².

2.3. Încercări industriale cu schema de insuflare semidirectă la un cazan de 132 MW (165 t/h)

Experimentarea arderii în schema semidirectă a ligniților din România cu conținut ridicat de cenușă a prezentat interes, atît pentru a aprecia oportunitatea introducerii acestei scheme la cazanele de fabricație internă, cît și pentru lărgirea volumului de cunoștințe experimentale existente în domeniul menționat în țările care ard ligniți.

Utilizînd cea mai mare parte a echipamentelor existente s-a realizat schema semidirectă în circuit închis (vezi fig. 1*c*), la același cazan la care a fost amenajată și schema semiindirectă.

Arzătoarele și conductele spre arzătoare au fost schimbate. Arzătorul nou se compune dintr-un arzător direct, un arzător indirect de sprijin inferior și un arzător de scăpări superior. La dimensionarea acestui arzător s-a ținut seama de experiența cîștigată cu arzătorul din schema semiindirectă, cu privire la zgurificare. Caracteristicile principale și parametrii de funcționare ai arzătorului cu insuflare semidirectă sînt date în tabelul 1.

La experimentări au fost realizați următorii indici specifici de încărcare termică ai focarului la sarcina nominală :

— încărcare specifică volumetrică :

$$q_v = 0{,}153 \text{ MW/m}^3;$$

— încărcare termică specifică a secțiunii transversale :

$$q_F = 2{,}2 \text{ MW/m}^2;$$

— încărcare termică specifică a brîului de arzătoare (fără arzătorul de scăpări) :

$$q_g = 1{,}16 \text{ MW/m}^2;$$

— încărcare termică a arzătorului de sprijin :

$$q_{GS} = 0{,}95 \text{ MW/m}^2.$$

Cu cazanul modificat avînd schema de insuflare semidirectă au fost efectuate două serii de încercări de ardere cu lignit de Sf. Gheorghe. Acesta este un lignit caracterizat printr-un conținut ridicat de balast (apă și cenușă) și o putere calorifică foarte scăzută. Valorile puterii calorifice determinate pe probe de cărbune luate de la alimentarea morilor sînt prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2

Caracteristicile lignitului de Sf. Gheorghe

Proba	Q_t^i [MJ/kg]	W_t^i [%]	A^i [%]	A^{anh} [%]
1	3,35	46,2	32,55	60,5
2	4,17	47	29	55
3	4,25	48,2	26,8	55,5
4	4,12	46,3	29,7	55,5
5	4,9	43	30,2	53,2
6	4,27	46,5	29,3	54,8
7	4,72	45,5	28,5	52,2
8		43,9	28,8	51,4

În timpul încercărilor flacăra a fost stabilă fără suport de hidrocarburi. Din cauza capacității de măcinare, proiectată pentru un cărbune cu putere calorifică mare, s-a funcționat la debite parțiale între 45—55 % din debitul de abur nominal al cazanului. De subliniat este faptul că flacăra a fost stabilă la aceste sarcini parțiale.

Cu ocazia experimentărilor s-a stabilit prin măsurarea directă repartiția optimă a fluxurilor de masă (gaze arse și praf) pentru asigurarea stabilității arderii.

Cazanul cu instalația de ardere cu insuflare semidirectă a funcționat după modificare timp de 3 ani, fiind alimentat cu cărbune de putere calorifică medie de 7,6 MJ/kg. Cazanul a realizat sarcina nominală fără zgurificare, datorită dimensionării arzătoarelor pe baza experienței anterioare. De asemenea, s-a realizat temperatura de supraîncălzire a aburului la o reducere moderată a injecției.

Din defășurarea probelor se pot trage următoarele concluzii cu caracter general :

— schema semidirectă, realizată la un cazan de 132 MW (165 t/h) modificat, a funcționat cu o bandă extrem de largă de cărbune, și anume 3,3—8 MJ/kg cu o flacără stabilă, fără adaos de păcură și fără fenomene de formare de zgură ;

— schema semidirectă asigură stabilitatea flăcării și la arderea ligniților cu conținut foarte ridicat de cenușă (pînă la $A^{anh} = 60$ %) chiar la sarcini parțiale. Astfel, s-a extins experiența existentă în țările care ard ligniți în centralele termoelectrice privind utilizarea schemei semidirecte și pentru ligniți cu un conținut foarte ridicat de cenușă ;

— a fost confirmată valoarea încărcării specifice a brîului de arzătoate de 1,16 MW/m², indicată în literatura tehnică pentru cărbuni bruni și a fost stabilită valoarea de 0,95 MW/m² a acestui indice pentru arzătorul de sprijin ;

— experiența de exploatare a scos în evidență unele particularități ale schemei cărora trebuie să li se acorde atenție. Unele neajunsuri manifestate (înfundarea conductelor de aer primar, erodarea acestora) s-au datorat constrîngerilor generate de implantarea noilor instalații pe o instalație existentă, dar au scos în evidență măsurile care trebuie luate la proiectarea cazanelor noi.

Se menționează că procedeul de preparare a combustibilului solid inferior și o parte din instalațiile utilizate fac obiectul unui brevet de invenție R.S.R. [1].

2.4. Încercări industriale cu schema de insuflare directă cu concentrator la cazane de 165 t/h și 645 t/h

La cazanul de abur de 165 t/h cu schema de insuflare directă s-a introdus concentratorul de cărbune praf de tipul cu o singură treaptă, nereglabil, compus din opt palete drepte, înclinate la 40° față de verticală. Arzătorul de cărbune praf modificat este compus din arzătorul de bază, în care se introduce amestecul

primar cu concentrație mare de praf și arzătorul de balast, în care se introduce amestecul primar cu concentrație mică de praf; distanța dintre ele este astfel aleasă încît flacăra de bază să nu fie influențată de cea de balast.

Măsurătorile efectuate după punerea în funcțiune a instalației modificate au condus la următoarele constatări:

— gradele de separație pe cărbune praf g = 0,91 și pe gaze de uscare l = 0,43, apropiate de valorile de proiect;

— debitul de cărbune măcinat și ventilația morii ventilator nu au fost influențate substanțial de introducerea concentratorului de cărbune praf;

— s-a obținut o ardere stabilă, fără suport de hidrocarburi în domeniul de sarcină 60 %— 100 % cu cărbune avînd putere calorifică minimă Q_i^i = 6,61 MJ/kg (W_i^i=30,6 %, A^i = 38,4 %), deci un conținut de balast de 69 %.

La limita superioară a benzii de calitate (Q_i^i = 9,25 MJ/kg) nu s-a produs zgurificarea focarului.

Cazanul de abur de 645 t/h la care s-a realizat modernizarea instalației de măcinare și ardere în cooperare cu Întreprinderea Tehenergo-Sofia este echipat cu opt mori ventilator, debitul nominal al cazanului fiind realizat cu șapte mori la limita inferioară a puterii calorifice a lignitului din bazinul Oltenia-nord (5,5 MJ/kg). Lucrările de modernizare au avut ca scop creșterea debitului de cărbune al morilor și asigurarea stabilității flăcării fără suport de hidrocarburi. Creșterea debitului de cărbune măcinat s-a realizat pe baza cercetărilor și experienței anterioare ale Întreprinderii Tehenergo-Sofia prin introducerea unui rotor de moară de formă tronconică, ceea ce conferă morii o caracteristică de ventilație în funcție de debitul de cărbune mai plată, favorabilă încărcării suplimentare cu cărbune. Concentratoarele de praf instalate realizează concentrarea prafului de cărbune în două trepte, fiind prevăzute cu palete cu înclinare reglabilă. Noile arzătoare sînt construite din trei trepte, în care se insuflă cele trei fluxuri de amestec create de concentratorul de praf.

Instalația modificată a fost supusă unor probe complexe, care au confirmat îmbunătățirea performanțelor instalației de măcinare și ardere. Concentratorul de praf realizează o separare a prafului și gazelor după cum urmează: în conducta spre arzătorul de bază inferior l_1 = 0,22 și g_1 = 0,45, în conducta spre arzătorul de bază mijlociu l_2 = 0,36 și g_2 = 0,37, iar în conducta spre arzătorul de balast l_3 = 0,42 și g_3 =0,18. În figura 4 sînt reprezentate temperaturile pe înălțimea focarului, determinate prin măsurare în timpul probelor, pentru diferite sarcini ale cazanului. Stabilitatea arderii fără suport de hidrocarburi a fost verificată la sarcina parțială de 69 % cu 5 mori în funcțiune, lignitul ars avînd caracteristicile Q_i^i = 5,9 MJ/kg, W_i^i = 40,7 % și A^i = 29,2 %.

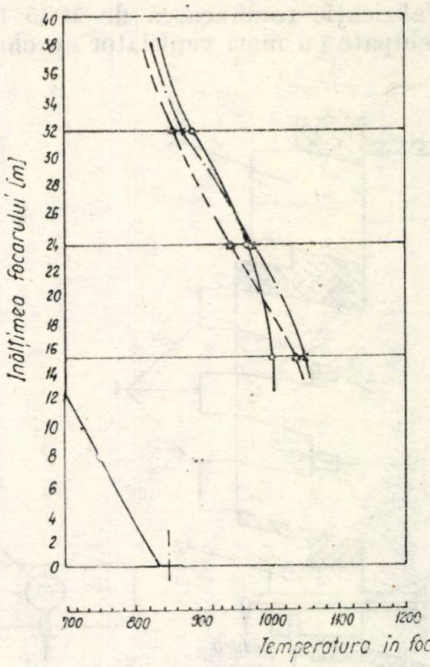


Fig. 4. Distribuția de temperatură în focarul cazanului de 645 t/h în schema de insuflare directă cu concentrator de praf: ——o 5 mori, 445 t/h; — — Δ 6 mori, 520 t/h; —·—× 6 mori, 550 t/h.

3. Cercetări experimentale în sistemele de preparare cu mori ventilator cu ciocane înaintașe

Analizele tehnico-economice efectuate pentru introducerea instalațiilor cu insuflare semidirectă sau cu concentrator de cărbune praf la cazanele echipate cu mori ventilator cu ciocane înaintașe au condus la concluzia că acest tip de modernizare nu este posibil. Cauzele rezidă în faptul că nu se dispune de spațiul necesar introducerii echipamentelor suplimentare și acestea conduc la scăderea accentuată a capacității de măcinare. Soluțiile adoptate în acest caz pentru intensificarea măcinării și creșterii stabilității arderii au fost cercetate în colaborare cu ICSITEE București:

— introducerea grătarului de post-ardere de tip rulant;

— realizarea unor perfecționări constructive și funcționale ale arzătoarelor de praf;

— creșterea diametrului rotorului ventilatorului morii;

— eliminarea sau utilizarea unor separatoare de cărbune praf de construcție simplificată;

— optimizarea dispoziției ciocanelor înaintașe (număr de rînduri, dispoziția pe fiecare rînd);

— utilizarea unor ciocane cu suprafața de uzură mărită și a unor soluții de creștere a duratei de funcționare.

Prin aceasta s-a obținut o creștere a sarcinii cazanului pe cărbune cu circa 15 % și o creștere a debitului mediu al morilor, ca urmare a creș-

terii duratei ciclului de funcționare a ciocanelor înaintașe.

Cercetările experimentale efectuate la cazanele de fabricație românească de 1035 t/h și 420 t/h echipate cu mori ventilator cu ciocane,

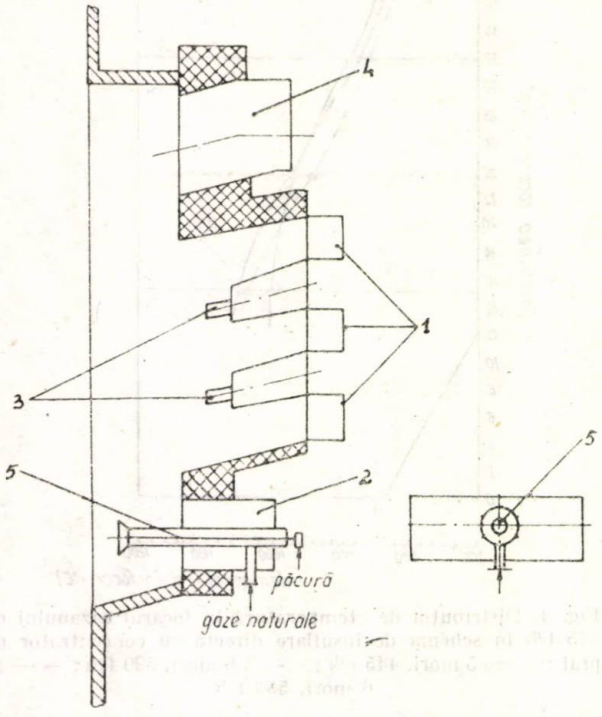


Fig. 5. Arzător combinat pentru ligniți cu conținut ridicat de balast : 1 — canale de insuflare a prafului ; 2 — fantă de aer interior ; 3 — duze de insuflare a aerului central ; 4 — canal de aer superior ; 5 — arzător de susținere (miniarzător) cu gaze naturale sau păcură.

la care s-au aplicat soluțiile menționate, au arătat posibilitatea funcționării acestora în domeniul de sarcini 65—100 % fără foc de susținere cu hidrocarburi în cazul arderii unui lignit cu putere calorifică inferioară mai mare de 6,5 MJ/kg. În scopul asigurării arderii stabile la aceste cazane a ligniților cu puteri calorifice inferioare pînă la 5 MJ/kg cu un consum redus de hidrocarburi pentru susținere, ICEMENERG a experimentat introducerea unor arzătoare de păcură și gaze naturale de debite reduse (miniarzătoare). Aceste arzătoare de susținere sînt incluse în arzătoarele de praf și dimensionate pentru un debit calorific de 6 % din debitul caloric asigurat de o moară (fig. 5) [2]. Probele și încercările efectuate au demonstrat că aceste arzătoare asigură o funcționare normală a cazanului cu o participație calorifică a combustibilului de adaos pentru susținere de 3,5—6 %.

Concluzii. Stabilirea soluțiilor pentru modernizarea instalațiilor de ardere la cazane din centralele electrice din țara noastră și pentru construcția de noi cazane

În urma cercetărilor și experimentărilor industriale efectuate de ICEMENERG în domeniul arderii ligniților românești, s-au stabilit următoarele concluzii finale și pe baza acestora soluțiile ce se au în vedere pentru modernizarea cazanelor existente și construcția de cazane noi :

a. Ligniții românești, care se deosebesc de o mare parte din ligniții din celelalte țări europene prin conținut de umiditate moderat și conținut ridicat de cenușă, pot fi arși fără adaos de hidrocarburi, în cazul utilizării unor scheme de preparare adecvate.

b. Pentru insuflare directă se conturează limita de balast de 67 %, la conținut mediu de umiditate de circa 40 %, respectiv puteri calorifice inferioare în jur de 6,5 MJ/kg.

c. Pentru insuflarea directă cu concentrator se recomandă aproape întreg domeniul de ligniți, cu conținut mai ridicat de balast, ceea ce la o umiditate moderată (circa 40 %) corespunde la puteri calorifice inferioare pînă la circa 5,5 MJ/kg. Dacă se are în vedere funcționarea fără suport de hidrocarburi și la sarcini parțiale se recomandă o limită de circa 5,9 MJ/kg. Pentru cărbuni bruni cu conținut ridicat de balast, dar umiditate coborîtă, limitele menționate nu mai sînt valabile și în general schema cu concentrator are o eficiență redusă.

d. Pentru ligniții românești cu conținut de balast ridicat, cu umiditate foarte ridicată sau coborîtă, la care cenușa are o participare foarte importantă, se recomandă schema semidirectă, care realizează flacăra de sprijin în condițiile optime ale insuflării prafului de cărbune numai cu aer (eliminare totală a balastului gazos, concentrație maximă de oxigen). Această schemă este aplicabilă astfel, atît ligniților de Sf. Gheorghe cu putere calorifică inferioară $Q_i^i = 3{,}4 - 5$ MJ/kg, cît și, de exemplu, cărbunilor bruni de Suplac cu $A_{max}^{anh} = 65 - 70$ % și $W_i = 30$ % și conținut de volatile mai mic decît al ligniților.

e. La cazanele existente (1035 t/h, 420 t/h) echipate cu mori ventilator cu ciocane înaintașe nu se pot utiliza tehnologiile de preparare cu insuflare semidirectă sau cu concentrator de praf. Din această cauză au fost introduse grătare de postardere, soluții de creștere a debitului morilor și de mărire a duratei de funcționare a organelor de măcinare, precum și arzătoare de susținere a flăcării cu consum redus de hidrocarburi, înglobate în arzătoarele de praf.

Pentru sistemele de preparare a prafului echipate cu mori ventilator cu ciocane este necesară întreprinderea de cercetări în continuare în scopul stabilirii unor soluții noi, adecvate pentru reducerea consumului de hidrocarburi. În acest sens, ICEMENERG a inițiat și va efectua în continuare cercetări pentru realizarea unor concentratoare de praf cu pierdere de presiune redusă, introducerea unor arzătoare de susținere și pornire cu praf de cărbune și altele.

f. Avînd în vedere concluziile de mai sus s-au stabilit următoarele soluții pentru modernizarea

instalațiilor de ardere ale cazanelor din centralele electrice existente, luînd în considerare și înrăutățirea calității ligniților care alimentează aceste centrale :

— la cazanele de 640 t/h ale blocurilor de 200 MW din termocentrala Doicești se va menține schema de insuflare directă ; se vor realiza modificări numai la morile ventilator în vederea creșterii debitului de cărbune măcinat și la arzătoarele de praf în vederea perfecționării procesului de ardere și prevenirii fenomenului de zgurificare ; se vor introduce și arzătoare de susținere cu gaze naturale de debit calorific 5 % din debitul morii, înglobate în arzătoarele de praf ;

— la cazanele de 350/400 t/h din termocentrala Oradea se vor aplica modificări la morile ventilator în vederea creșterii debitului măcinat și concomitent cu aceasta se va experimenta introducerea concentratoarelor de praf ;

— la cazanele de 330/370 t/h din termocentrala Işalnița se vor realiza modificări la morile ventilator în scopul creșterii debitului și se vor introduce concentratoare de praf (acțiune de cooperare în curs de desfășurare cu Tehenergo-Sofia). La cazanele de 510 t/h din aceeași termocentrală se vor realiza numai modificări la moara ventilator și separatorul acesteia, în scopul creșterii debitului morii ; spațiul disponibil la aceste cazane nu permite introducerea concentratoarelor de praf.

g. Pentru construcția de noi cazane în țara noastră se au în vedere următoarele soluții pentru instalația de ardere :

— la cazanele de 510 t/h ale blocului nr. 8 de 330 MW din termocentrala Turceni (două cazane pe bloc) se realizează schema de insuflare directă cu concentrator de praf în trepte ;

— la cazanele de 120 t/h pe lignit de Sf. Gheorghe se introduce schema de insuflare semidirectă ;

— schema de insuflare semidirectă este recomandată, de asemenea, în cazul cazanelor cu funcționare la sarcini variabile, de exemplu în cazul cazanelor de apă fierbinte de 58 MW și 116 MW.

Bibliografie

[1] Popa, T. ș.a. *Procedeu și instalație pentru prepararea și arderea combustibililor solizi*, Brevet R.S.R. nr. 87523.

[2] Rădulescu, M., Mirescu, D. *Arzător combinat pentru combustibili solizi inferiori cu un conținut ridicat de balast*, Brevet, R.S.R. nr. 86529.

(Primit la 31 octombrie 1985, acceptat la 11 noiembrie 1985)

Centrale nuclearoelectrice

Aspecte privind soluția optimă de răcire pentru CNE Transilvania 5×700 MW

Ing. Silvia Ciobanu, mat. Paul Duca, ing. Elena Müller *

Descriptori : centrală nuclearoelectrică (CNE), apă de răcire pentru condensatoare, apă tehnică, turn de răcire, optimizări tehnico-economice

Aspects Regarding the Optimal Cooling Solution for the 5×700 MW Nuclear Power Plant Transylvania

(Condensed from the paper in Romanian)

The nuclear power plant Transylvania equipped with 5 PHWR 700 MW Candu units will be located in an area lacking enough water for operation in an open cooling circuit. Taking into account that up to now the units of this type have not operated on closed cooling circuit, the problem of deciding on the cooling solution of the plant has arised.

After showing that in almost all European countries developing nuclear programs, at present, due to the water shortage the natural draught cooling circuit has been adopted, some wet cooling towers and the optimization stages are shown.

The first stage, consisting in the optimization of the cold part as a whole, carried out with the Polytechnical Institute Bucharest, has provided the cooling water flow needed for the condensers (27 m^3/s and set), the cooling interval (12°C) and the cooled water temperature for which the towers are to be dimensioned (27°C). It has been decided also that during the winter period the condensers' cooling water flow can be decreased by about 25% with a corresponding increase of the cooling interval.

Taking into account the fact that the towers are to cool the technical water used for the nuclear part (heat exchangers for cooling the active area and the used fuel pool) as well as that for the classical part (oil coolers, refrigeration installations), the optimal solution for a set has been established in the second stage. Two variants have been compared : with two towers/set (one for the condensers cooling water and another for technical water) and with one tower/set for both types of cooling water. The technical water flow is of 7.813 m^3/s and set, the cooling interval is of 6.8°C while the cooled water temperature is 27°C, the same as for the condenser. The applied optimization criterion has been that of mi-

* Ing. Silvia Ciobanu și ing. Elena Müller — cercetători științifici principali, mat. Paul Duca — cercetător științific la ICEMENERG-București.

nimal total updated expenses, with an updating rate of 8%. The optimization calculation stages have been :

— towers dimensioning ;

— investments determining outlining ;

— the unit's operation simulation depending on the multi-annual average meteorological conditions on a duration of 20 years ;

— evaluation of the annual production expenses ;

— evaluation of the total updated expenses.

From the optimization calculations it has resulted that under the aspect of the total updated expenses the two variants are equivalent but the variant with a single tower/set (for condenser and technical water) presents smaller investments with 4% and they need a space smaller with 44% than the variant with two towers/set, being recommended, as a result.

The third stage was that of the optimization of the entire plant taking into consideration variants with one, two and three towers/set (condenser water + technical water each). Since from the condition of obtaining the cooled water temperature of 27°C corresponding to the 97% safety degree meteorological parameters, spraying densities (6—7 m^3/m^2h) have resulted which favour the icing of towers during wintertime, there have been considered also operation variants during this period with a flow decreased by 25% and hydraulic and thermal overloading. The three supplementary variants considered are :

— two towers at set 1 and one tower each/set at the sets 2÷5 with a connection between the towers such that during the first winter (when the sets 2÷4 are not yet in operation), the set 1 should operate with one tower. During the next winters a small tower will operate for set 1 and two sets each/tower for the sets 2÷4 ;

— two towers/set without connection between the sets (units) operating during the winter with one tower/set :

— three towers/set, unit and operating during wintertime with two towers/set.

The optimization calculation has been performed similarly to the previous stage, while the main conclusions are :

— the three variants operating without overloading during the winter are equivalent under the aspect of total updated expenses, but the variant with three towers/set need higher investments with 10% and the largest occupied space, its implementation being not recommended ;

— among the variants with overloading, the one with three towers/set is eliminated from an economic point of view, the variant with two towers/set is recommended under the economic as well as operational aspect. The variant with one tower/set can be adopted in the case in which the connection between the towers is imposed from other reasons as well (e.g. the supplementary overloading with a flow of about 3.75 m^3/s technical water for the reactor, in case of accident on the classical side at one of the sets).

Amplasamentul aprobat pentru CNE Făgăraș este pe rîul Olt, la circa 1,5 km de orașul Făgăraș. Centrala urmează a fi echipată cu 5 grupuri PHWR tip Candu, astfel concepute încît să evacueze căldura reziduală în circuit de răcire deschis. Centrala nucleară similară de la Cernavodă, avînd ca sursă de apă Dunărea, necesită pentru răcirea în circuit deschis un debit de 269 m^3/s, pe care rîul Olt nu-l poate asigura. Prin crearea unui lac de acumulare pe acest rîu se poate asigura numai debitul de adaos la funcționarea în circuit de răcire închis. Se pune deci problema stabilirii soluției de răcire a CNE Transilvania.

1. Încadrarea problemei în realizările din alte țări

1.1. Tipuri de turnuri

Avînd în vedere că randamentul actual al centralelor nucleare (de aproximativ 33%) este mai mic decît al celor clasice (de aproximativ 40%) și că, în consecință, debitele de apă necesare pentru evacuarea căldurii reziduale sînt din ce în ce mai mari, iar disponibilitățile de apă din ce în ce mai mici, problema răcirii se pune în toate țările europene. Astfel, în Franța (care are un program nuclear de circa 24 000 MWe) pînă în 1970 toate centralele au fost prevăzute cu circuit de răcire deschis. Ulterior, s-a trecut aproape exclusiv la circuit închis. În Elveția, începînd din 1970 nici o CNE nu mai poate fi răcită în circuit deschis, în Cehoslovacia nu pot fi avute în vedere în acest scop decît Dunărea și Elba, cu construirea de lacuri de acumulare, iar în România de asemenea numai Dunărea.

Pentru răcirea în circuit închis soluția cea mai economică o constituie turnurile de răcire, care pot fi umede sau uscate, cu tiraj natural sau forțat. O analiză edificatoare pentru o centrală cu patru grupuri de 800 MW este dată în [2]. În tabelul 1 (reprodus după [2] sînt centralizate rezultatele acestei analize (costul kilowattului-oră este dat în cenți elvețieni (cts), iar creșterile prețurilor sînt raportate la varianta de bază constituită de circuitul deschis).

În cazul turnurilor uscate, creșterea cu circa 15% a costului kilowatului-oră este considerată prea mare, chiar luînd în considerare lipsa efectelor negative asupra mediului ambiant. În privința turnurilor umede, autorul consideră că, atît din motive economice, cît și pentru minimizarea efectelor meteorologice, cele cu tiraj forțat ies din competiție la centralele nucleare, chiar dacă la prima vedere s-ar părea că ele rezolvă problema estetică. Totuși, nu trebuie uitat că liniile de celule cu tiraj forțat produc un panaș de vapori mult mai mare decît un singur turn cu tiraj natural și că distanța care se impune între aceste linii pentru evitarea recirculărilor de aer presupune un spațiu necesar sporit. La concluzii similare se ajunge în [7], afirmîndu-se că „turnurile umede cu tiraj natural sînt cele mai economice și ele permit obținerea unei puteri maxime a grupului". În ceea ce privește soluția cu turnuri uscate se arată că deși ele suprimă necesitățile de apă pentru adaos, nu vor putea fi folosite decît atunci cînd necesitățile de apă pentru diluarea efluenților slab radioactivi vor fi eliminate, ceea ce nu este cazul în prezent.

Din cele expuse mai sus, precum și din [8, 9, 12, 13, 14, 16], rezultă că tipul de turn folosit preponderent este cel umed cu tiraj natural.

La centralele PWR soluția reținută este în general aceea cu un turn pe grup. În cele mai multe cazuri se adoptă turnuri în contracurent, deși costul total capitalizat este aproximativ egal cu cel al turnurilor în curent transversal.

Tabelul 1

Costul kilowattului-oră nuclear, în cts, și influența asupra mediului (după [2])

	Circuit deschis (curs de apă)	Turnuri umede		Turnuri uscate	
		Natural	Forțat	Natural	Forțat
Costul kilowattului-oră					
Costul capitalului/an (6250 h)	1,6	1,69	1,69	1,90	1,90
Combustibil	1,0	1,03	1,03	1,09	1,09
Întreținere	0,3	0,31	0,33	0,33	0,33
Apă de adaos	—	0,05	0,05	—	—
Energie pentru ventilator	—	—	0,03	—	0,04
Total	2,9	3,08	3,13	3,32	3,36
Creștere față de circuit deschis [%]	—	6,2	8,0	14,5	16,0
Scăderea randamentului [%]	—	3,3	3,3	7,8	7,8
Mediul înconjurător					
Emisia de vapori	—	da	da	nu	nu
Emisia de apă	—	nu	da	nu	nu
Pericol de ceață locală	—	slab	puternic	nul	nul
Pericol de ploaie fină	—	slab	puternic	nul	nul
Pericol de polei	—	slab	puternic	nul	nul
Zgomot la 200 m	—	acceptabil	acceptabil	nul	nul
Impact estetic	—	puternic	mediu	puternic	nul
Experiență la marile centrale	—	mare	mare	slabă	nulă

1.2. Optimizarea tehnico-economică

Optimizarea tehnico-economică se realizează pentru partea rece a centralei, cuprinzînd treapta de joasă presiune a turbinei, condensatorul, turnul, pompele și circuitul hidrotehnic aferent [8, 9, 15].

Optimizarea de ansamblu nu necesită cunoașterea detaliată a instalațiilor care ar complica mult calculele. Ea trebuie să fie suficient de precisă pentru a permite o predimensionare corectă a instalațiilor, autorizînd discuțiile cu proiectanții și executanții și alegerea amplasamentului.

Metoda economică utilizată este cea a cheltuielilor totale actualizate cu o rată de actualizare de 8 %.

Etapele calculului sînt următoarele :

a) dimensionarea instalațiilor ;

b) determinarea investițiilor ;

c) simularea funcționării grupului, funcție de condițiile meteorologice medii multianuale (20 ani) ;

d) evaluarea cheltuielilor anuale de producție ;

e) evaluarea cheltuielilor totale actualizate.

2. Optimizarea de ansamblu a părții reci pentru CNE Transilvania

A fost realizată de către I.P.B. [1] luîndu-se în considerare restricțiile impuse de gabaritele actuale ale grupurilor de la CNE Cernavodă concepute pentru funcționarea centralei în circuit de răcire deschis. Optimizarea a avut ca obiect numai apa pentru răcirea condensatoarelor și a inclus și o predimensionare a turnurilor de răcire necesară calculului economic. Principalele concluzii sînt :

— turbina rămîne aceeași cu cea de la Cernavodă ;

— pentru condensator se justifică mărirea intervalului de încălzire a apei și trecerea la o construcție cu două drumuri de apă. Din punct de vedere economic rezultă avantajoasă mărirea suprafeței condensatorului actual, dar aceasta este limitată de dimensiunile spațiului de sub turbină ;

— turnul în contracurent predimensionat are suprafața irigată de 16 000 m², înălțimea de 145 m ;

— pentru perioada de vară se funcționează cu patru pompe, avînd un debit total de 27 m³/s și grup, interval de încălzire în condensator (răcire în turnuri), $\Delta t = 12°C$ și temperatura apei răcite în turn $t_2 = 27°C$. În perioada de iarnă se poate funcționa cu debit redus (trei pompe) și majorarea corespunzătoare a intervalului de răcire Δt.

3. Optimizarea tehnico-economică a turnurilor de răcire pentru apa de la condensator și apa tehnică

Pentru optimizarea tehnico-economică a turnurilor s-a luat în considerare și răcirea apei tehnice utilizată atît pentru partea nucleară

[1] I.P.B. Fac. de Energetică — „Studiul pentru soluția tehnică la răcirea în circuit închis la CNE — PHWR și notele de calcul aferente", iunie 1984.

(schimbătoare de căldură pentru răcirea zonei active și bazinul de combustibil uzat), cît și pentru partea clasică (răcitoarele de ulei, instalațiile frigorifice). La funcționarea normală (sarcină 100 %), debitul de apă este de 7,813 m³/s, intervalul de răcire $\Delta t = 6{,}8$°C și temperatura apei răcite $t_2 = 27$°C.

3.1. Stabilirea variantei optime pe grup

Într-o primă etapă s-a pus problema să se stabilească dacă grupurile vor fi echipate cu cîte două turnuri separate pentru apa de la condensator și apa tehnică (varianta A) sau cu cîte un singur turn (varianta B).

3.1.1. Dimensionarea

Dimensionarea s-a realizat pentru turnuri umede în contracurent și pentru parametri meteorologici corespunzători valorilor medii zilnice cu asigurare de 97 %, care sînt $\theta_1 = 20{,}6$°C, $\varphi_1 = 75$ %[2]. S-a considerat o umplutură din rulouri de masă plastică cu număr de straturi s, variabil între 6—14. Ca variabilă a mai intervenit înălțimea ferestrei de acces h_f, în domeniul 6—16 m. Rulările s-au realizat cu ajutorul programului ICEMENERG, DIMCC, luîndu-se în considerare următoarele relații de calcul stabilite pe baza cercetărilor anterioare :

— cifra totală de transfer termic :

$$Ke_t = (0{,}28 + 0{,}064\, s)\, \lambda^{0{,}68} + 0{,}048\, d_1 \lambda^{(0{,}3+0{,}0711 d_1)}; \quad (1)$$

— cifra totală de rezistență aerodinamică :

$$\zeta_t = 6{,}6 + 0{,}243 \left(\frac{R}{h_f}\right)^2 + 1{,}48 \left(\frac{h_f}{R}\right)^{0{,}3} \left[0{,}242 \left(\frac{R}{h_f}\right)^2 + 0{,}01525 \frac{d_1}{W_a} \cdot \frac{R^2}{h_f}\right] + 0{,}75\,(d_1 - 1) \cdot W_a^{-(0{,}2 d_1^{0{,}58})} + 0{,}14\, s^{1{,}6} d_1^{0{,}75}; \quad (2)$$

— înălțimea turnului :

$$H = 0{,}0255\, \zeta_t \cdot W_a^2 \frac{\gamma_1 + \gamma_2}{\gamma_1 - \gamma_2} + h_f + 0{,}08\, s + 0{,}75. \quad (3)$$

[2] I.M.H. — Studiul meteorologic pentru amplasamentele CNE Transilvania de Sud — amplasamentul Făgăraș, 1984.

Alte date de intrare în program sînt date în tabelul 2.

Tabelul 2

Varianta	Subvarianta	Debit, D_1 [m³/h]	Interval de răcire, Δt[°C]	Temperatură apă răcită, t_2 [°C]	Înălțime turn, H[m]
A turnuri separate	A_1 condensator	97200	12	27	160
	A_2 apă tehnică	28127	6,8	27	110
B turn unic	condensator + apă tehnică	125327	10,8	27	170

Corespunzător valorilor s, d_1 și h_f variabile au fost rulate în total 630 variante de dimensionare.

3.1.2. Calculul economic

Acesta s-a realizat prin metoda cheltuielilor totale actualizate. Acolo unde criteriul CTA_{min} nu a fost concludent (diferențe mai mici de 1 %) s-a utilizat criteriul investiției minime. S-a considerat o durată de studiu de 20 ani.

Investițiile efective s-au calculat pe baza indicilor ISPE, luîndu-se în considerare și instalațiile colaterale (stație de pompe, conducte, canale etc.).

Pentru calculul investițiilor echivalente, diferențele de putere netă s-au stabilit prin trasarea curbei condensatorului pe baza datelor furnizate de IPB pentru puterea brută a grupului și stabilirea puterii consumate de pompe în toate variantele.

Aceleași valori au fost utilizate și la calculul cheltuielilor anuale de producție efective și echivalente. Întrucît în cadrul fiecărei subvariante, criteriul CTA_{min} nu a condus la rezultate concludente, s-a aplicat criteriul investiției minime fiind reținute turnurile cu caracteristicile geometrice prezentate în tabelul 3.

Pentru compararea variantelor A și B s-a ales un număr de 6 500 ore de funcționare. S-a considerat că grupul va funcționa continuu atît

Tabelul 3

Varianta	Subvarianta	Diametru, D [m]	Înălțime H[m]	Suprafață irigată, S_i [m²]	Înălțime fereastră, h_f [m]	Număr straturi rulouri	Densitate de stropire, d_1 [m³/m²h]
A	A_1	140	160	15307	14	14	6,35
	A_2	71,3	110	3990	10	8	7,05
B	—	155	170	18846	16	14	6,65

în perioada de iarnă, cînd cererea de energie în sistem este maximă, cît și în perioada de vară, cînd sînt planificate reparații la grupurile CTE. Opririle pentru revizii s-au programat în lunile aprilie, mai și octombrie, cu aport mare al CHE.

Cu ajutorul programului de calcul DIAGCC și al datelor geometrice și funcționale determinate mai sus, s-au calculat și apoi s-au trasat diagramele de funcționare ale celor trei turnuri și s-au determinat puterile și energiile brute și nete corespunzătoare temperaturilor apei răcite, respectiv parametrilor meteorologici medii multianuali în fiecare din cele 271 zile considerate. Pentru un cost al combustibilului de 600 lei/t c.c. calculat pe baza datelor furnizate de IRNE, s-au obținut datele prezentate în tabelul 4.

Tabelul 4

Varianta		Investiție efectivă I_{ef} [mil. lei]	ΔI_{ef} [%]	Cheltuieli totale actualizate CTA [mil. lei]	ΔCTA [%]
Denumire	Semnificație				
A	turnuri separate pentru condensator și apa tehnică	801	4,03	6135	0
B	turn unic	770	0	6150	0,24

Din tabelul 4 se constată că diferența CTA (ΔCTA) se situează mult sub 1%, după acest criteriu variantele fiind echivalente.

Varianta B, cu un turn pe grup pentru condensator și apa tehnică, prezintă investiții mai mici cu 4% decît varianta A și ocupă un spațiu cu 44% mai redus, fiind deci recomandabilă.

3.2. Stabilirea variantei optime pe centrală

Avîndu-se în vedere, pe de o parte, înălțimea mare a turnurilor rezultate în prima etapă de optimizare și lipsa în țară a tehnologiilor de execuție adecvate, și, pe de altă parte, densitatea de stropire mică (6,65 m^3/m^2h) ce poate favoriza înghețarea turnului în timpul iernii, s-au studiat variante cu unul , două și trei turnuri/grup, funcționînd iarna cu sau fără supraîncărcare hidraulică și termică. Fiecare turn răcește atît apa de la condensator, cît și apa tehnică. S-au studiat următoarele variante:

— varianta I — cu un turn pe grup și fără legătură între grupuri (bloc) fără supraîncărcare în timpul iernii;

— varianta II — cu două turnuri/grup, fără supraîncărcare;

— varianta III — cu trei turnuri/grup, fără supraîncărcare;

— varianta IV — cu două turnuri la grupul 1 și un turn/grup la grupurile 2—5, cu legătură între turnuri, astfel încît iarna să se poată lucra cu supraîncărcare (două grupuri/turn). Această variantă ține seama de intrarea eșalonată în funcțiune a grupurilor, astfel încît la grupul 1 au fost necesare două turnuri pentru a se asigura supraîncărcarea în timpul primei ierni cînd grupul 2 nu este încă în funcțiune;

— varianta V — cu două turnuri/grup, în care iarna se funcționează cu un singur turn/grup supraîncărcat;

— varianta VI — cu trei turnuri/grup, în care iarna se funcționează cu un singur turn (ipoteza de funcționare iarna cu două turnuri/grup conduce la densitate de stropire prea mică de 7,7 m^3/m^2h).

Variantele și schemele de funcționare sînt sintetizate în figura 1.

Dimensionarea s-a realizat corespunzător umpluturii din 14 straturi de rulouri PAS pe suport din grătare inox. Dimensiunile principale ale turnurilor sînt date în tabelul 5.

Tabelul 5

Varianta		Dimensiunile unui turn			
Denumire	Semnificație	Diametru, D[m]	Înălțime H[m]	Înălțime fereastră, h_f[m]	Suprafață irigată, S_i[m^2]
I, IV	1 turn/grup	155	170	16	18846
II, V	2 turnuri/grup	104	150	12	8468
III, VI	3 turnuri/grup	91	115	8	6527

Pentru calculul economic s-a adoptat eșalonarea perioadelor de execuție și exploatare din figura 2.

Relația de calcul a cheltuielilor totale actualizate este

$$\text{CTA} = I_{ef} \text{ actualizat} + I_e \text{ actualizat} + (C + C_e) \text{ actualizat} = \sum_1^7 I_{ef_t}(1+r)^{-t} + I_e(1+r)^{-3} + \sum_4^{20} (C_t + C_{et})(1+r)^{-t}. \quad (4)$$

În vederea efectuării calculelor s-au utilizat indici și estimări ISPE privind costul structurii și al instalațiilor colaterale, precum și prețurile actuale ale umpluturii. S-au trasat diagramele de funcționare ale turnurilor și s-au stabilit

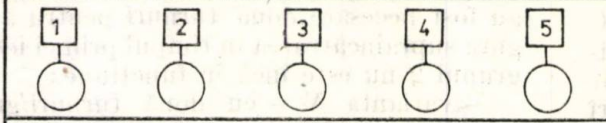
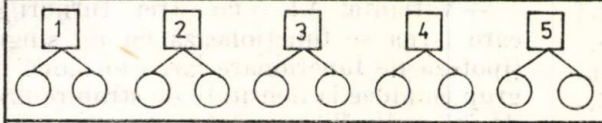
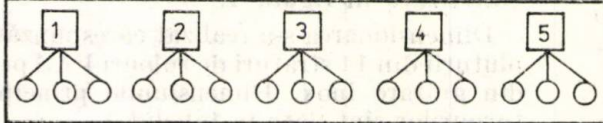
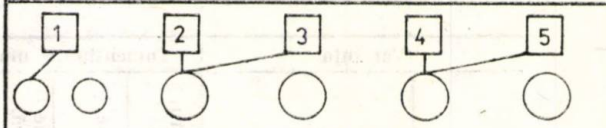
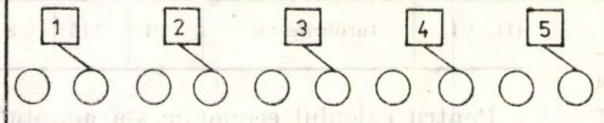
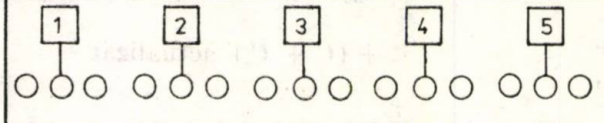
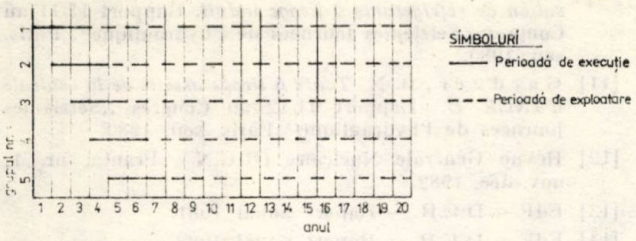
VARIANTA ŞI SCHEMA DE FUNCŢIONARE	PERIOADA DE FUNCŢIONARE	GRUP	DI/TURN m^3/h	dI m^3/m^2h	Δt °C
	I - II , XII	1÷5	125327	6,65	10,8
	III, VI - IX, XI	1÷5	125327	6,65	10,8
I 1 TR/GRUP - BLOC - FĂRĂ SUPRAÎNCĂRCARE ÎARNA					
	I - II , XII	1÷5	62664	7,40	10,8
	III, VI - IX, XI	1÷5	62664	7,40	10,8
II 2 TR/GRUP - BLOC - FĂRĂ SUPRAÎNCĂRCARE ÎARNA					
	I - II , XII	1÷5	41776	6,40	10,8
	III, VI - IX, XI	1÷5	41776	6,40	10,8
III 3 TR/GRUP - BLOC - FĂRĂ SUPRAÎNCĂRCARE ÎARNA					
	I - II , XII	1	101027	11,93	13,4
		2÷5	202054	10,72	13,4
	III, VI - IX, XI	1	62664	7,40	10,8
		2÷5	125327	6,65	10,8
IV GRUP 1 = 2 TR , GRUP 2÷5 = 1 TR , LEGĂTURĂ ÎNTRE TURNURI ŞI POSIBILITATE DE SUPRAÎNCĂRCARE ÎARNA					
	I - II , XII	1÷5	101027	11,93	13,4
	III, VI - IX, XI	1÷5	62664	7,40	10,8
V 2 TR/GRUP - BLOC - ŞI POSIBILITATE DE SUPRAÎNCĂRCARE ÎARNA CU 1 TR/GRUP					
	I - II , XII	1÷5	101027	15,48	13,4
	III, VI - IX, XI	1÷5	41776	6,40	10,8
VI 3 TR/GRUP - BLOC - ŞI POSIBILITATE DE SUPRAÎNCĂRCARE ÎARNA CU 1 TR/GRUP					

Fig. 1. Variantele şi schemele de funcţionare luate în considerare la calculul economic.



ANUL	SITUAȚIA ÎNVESTIȚIEI	SITUAȚIA EXPLOATĂRII	Coef. de actualizare t,eș-t	
			Investiție	Exploatare
1	1/3 grup 1	—	0,926	—
2	1/3 grup (1+2)	—	0,857	—
3	1/3 grup (1+2+3)	—	0,794	—
4	1/3 grup (2+3+4)	grup 1	0,735	0,735
5	1/3 grup (3+4+5)	grup 1+2	0,681	0,681
6	1/3 grup (4+5)	grup 1+2+3	0,630	0,630
7	1/3 grup 5	grup 1+2+3+4	0,583	0,583
20	—	grup 1+2+3+4+5 — toată centrala	—	4,611

Fig. 2. Eșalonarea în timp a perioadelor de execuție și exploatare și coeficienții de actualizare corespunzători.

temperaturile medii zilnice ale apei răcite, corespunzătoare parametrilor meteorologici medii multianuali. Pentru variantele IV—VI s-a considerat că se va funcționa cu supraîncărcare în lunile I, II și XII, cu temperaturi ale aerului preponderent negative. Cu ajutorul curbelor condensatorului s-au calculat puterile și energiile brute și consumurile de combustibil. S-au stabilit, în continuare, puterile consumate pentru pompare, puterea netă și energia livrată. Cu ajutorul acestor date s-au calculat parametrii din relația (4).

Rezultatele calculelor pentru întreaga centrală sînt prezentate în tabelul 6.

Concluzii

Diferențele CTA obținute demonstrează că la funcționarea fără supraîncărcare tot anul, cele trei variante, cu unul, două și trei turnuri pe grup (I—III), sînt echivalente. Totuși, varianta III prezintă investiții efective cu 10% mai mari și spațiul ocupat cel mai mare, deci adoptarea ei nu este recomandabilă.

Pentru variantele IV—VI, CTA se înscrie în domeniul 1,5—5,8%, ceea ce demonstrează că supraîncărcarea în timpul iernii introduce dezavantaje economice datorate, în principal, creșterii consumurilor de combustibil. Puterile medii anuale livrate (nete) sînt mai mici cu 16—49 MW din cauza majorării temperaturii medii anuale a apei răcite cu 1,7—4,9°C.

Varianta VI cu trei turnuri pe grup și supraîncărcare iarna pe un turn care are $\Delta CTA = 5{,}8\%$, se elimină conform PE 011/82. Ea prezintă și spațiul maxim ocupat, iar în lunile de iarnă conduce la temperaturi ale apei răcite mai mari de 27°C, cît reprezintă limita pentru apa tehnică.

Varianta V cu două turnuri pe grup și supraîncărcare iarna pe un turn la fiecare grup prezintă valoarea ΔCTA acceptabilă de 1,5%. De asemenea, ocupă spațiul cel mai redus și evită complicarea circuitului hidrotehnic cu legătură între turnuri (grupuri) ca în varianta IV. Deci, atît sub aspect economic, cît și funcțional, aceasta este varianta recomandabilă pentru cazul cu supraîncărcare.

Varianta IV cu două turnuri la grupul 1 și cîte unul la celelalte grupuri, este acceptabilă la limită din punct de vedere economic, ΔCTA depășind cu puțin 2%. În măsura în care legătura între turnuri (grupuri) se va impune și din alte motive (de exemplu supraîncărcare suplimentară cu un debit de circa 13 500 m³/h apă tehnică în caz de avarie pe partea clasică la unul din grupuri), această variantă poate fi adoptată.

Tabelul 6

Varianta	CTA, [mil. lei]	ΔCTA, [%]	Interpretare	I_{ef} [mil. lei]	ΔI_{ef} [%]	Suprafață ocupată [ha]	t_2 med. anual [°C]
I	32.740	0,2	echivalent	3.402	0,3	16,8	19,1
II	32.669	0	CTA min.	3,392	0	15,6	20,0
III	32.716	0,1	echivalent	3,738	10,2	18,4	20,2
IV	33.392	2,2	acceptabil	3.686	8,7	17,1	21,7
V	33.150	1,5	acceptabil	3.392	0	15,6	22,4
VI	34.581	5,8	se elimină	3.738	10,2	18,4	24,9

Bibliografie

[1] Boyé, H., Caillot, I. C. *Pourquoi des réfrigerants?* Raport III/1 au Congres Seizièmes journées de l'hydraulique", Paris, sept. 1980.

[2] Pelland, V. *De l'Office fédéral de l'économie énergetique de Suisse.* Aperçu sur la refroidissement dés centrales nucléaires — juin 1971.

[3] Révue Générale Nucleaire (R.G.N.), Franța, nr. 1, ian-feb., 1980.

[4] Plainer, I. *Vodohospoderske problemy spojené a rozvojém jadernych elektráren.* In : Vodni hospodaratvi, nr. 7, 1981.

[5] *Legea apelor,* nr. 8/1974.

[6] Goubet, A. *Influence des grandes equipements sur l'environnement et moyens d'en limiter les effets.* Rapport général III au Congres ,,Seiziémes journées de l'hydraulique". Paris, sep. 1980.

[7] Reuther, D. *Optimisation d'un système de refroidissement à l'exemple de la centrale nucleaire Philippaburg* 1. Rapport II/2 au Congres ,,Seiziémes journées de l'hydarulique", Paris, sep. 1980.

[8] Fuster, S. *Choix des matérials de la source froide. Aspect economique.* Rapport II/1 au Congres ,,Seiziémes journées de l'hydraulique", Paris, sep. 1980.

[9] Caudron, L. *Conception, realisation et exploitation de refrigerants de très grande puissance.* Rapport II au Congres ,,Seiziémes journées de l'hydraulique", Paris, sep. 1980.

[10] Blanquet, I. C. și Craillat, C. *Études et réalisation de réfrigerants à tirage induit.* Rapport II/11 au Congres ,,Seiziémes journées de l'hydraulique", Paris, sep. 1980.

[11] Gardner, B. N. *Tours à tirage assisté de la centrale d'INCE B.* Rapport II/12 au Congres ,,Seiziémes journées de l'hydraulique" Paris, sep. 1980.

[12] Révue Générale Nucleaire (R.G.N.), Franța, nr. 1, nov.-dec. 1982.

[13] EdF — D.E.R. — Raport anual 1981.

[14] EdF — D.E.R. — Raport anual 1982 .

[15] Blanck, D. *Die wirtschaftliche Auslegung des ,,Kalten Endes" am Beispiel grosser konventioneller und nuklearer.* In : Kraftwerke Kraftwerkstechnik, R.F.G., 61/oct. 1981.

[16] Delcroix, J. *Les réfrigerants à tirage natural des centrales nucleaires.* Vie des chantiers.

[17] Taloș, A. *Raport tehnic privind proiectarea și execuția turnurilor de răcire în U.R.S.S..* Vizită de lucru în cadrul temei CAER 3.04 — iunie 1984.

[18] M.E.E. PE 011/82. *Normativ privind calculele comparative tehnico-economice la instalațiile de producere, transport și distribuție a energiei electrice și termice.*

[19] Veniamin, G. *Concepții și tendințe moderne în realizarea turnurilor de răcire.* In : Rev. Construcția de Mașini.

(Primit la 28 octombrie 1985, acceptat la 4 noiembrie 1985)

Surse și tehnologii noi

Instalație de preparare a apei calde de consum cu pompă de căldură cu compresie-absorbție. Construcție-montaj și punere în funcțiune

Dr. ing. Mihai G. M. Pop, prof. dr. ing. Florea Chiriac, ing. Mircea Ghițulescu *

Descriptori: pompe de căldură, apă caldă menajeră

Introducere

Activitățile vizînd conservarea resurselor energetice clasice și reducerea importului de petrol, ca imperative ale asigurării progresului economic și social în condițiile unor dificultăți crescînde pe plan intern și extern în asigurarea materiilor prime și energetice au condus și în țara noastră la implementarea, într-o măsură din ce în ce mai mare, a instalațiilor cu pompă de căldură.

În acest domeniu, în ultimii 10 ani în țara noastră s-au efectuat lucrări de cercetare — dezvoltare privind realizarea și punerea în fabricație industrială a diferite tipuri de pompe de căldură.

Astfel, pornind de la considerentul că industria frigorifică utilizînd compresia mecanică cunoștea o dezvoltare relativ importantă, primele activități s-au orientat spre realizarea pompelor de căldură cu compresie mecanică cu compresor antrenat electric, cu agent de lucru freon.

Acest tip de pompe de căldură prezintă următoarele caracteristici :

— sînt antrenate cu energie disponibilă practic în orice amplasament ;

— permit recuperarea unei cantități de căldură deșeu mai mari la aceeași putere termică unitară în comparație cu pompele de căldură cu absorbție ;

— au în componență echipamente în mișcare cu fiabilitate redusă ;

— prezintă multiple posibilități de neetanșeitate ;

— utilizează agenți de lucru din import ;

— necesită investiții relativ mari.

Avînd în vedere deficiențele citate mai sus s-a dezvoltat o a doua filieră de pompe de căldură cu absorbție cu soluție BrLi—apă, prezentînd următoarele caracteristici :

— nu au echipamente în mișcare ;

— necesită investiții mici ;

* Dr. ing. Mihai G. M. Pop — ICCE, prof. dr. ing Florea Chiriac — rector Institutul de Construcții București, ing. Mircea Ghițulescu — cercetător științific — ICEMENERG.

— funcționează cu partea de joasă presiune sub vid;

— recuperează o cantitate de căldură deșeu mai redusă față de pompele de căldură cu compresie la aceeași capacitate termică unitară;

— sînt acționate de abur viu care necesită de cele mai multe ori realizarea unei centrale termice;

— BrLi este din import.

În aceste condiții, pentru a elimina dezavantajele materialelor de import și ale energiei termice de antrenare a fost conceput și realizat un nou tip de pompă de căldură, și anume cu compresie — absorbție, cu compresoare cu piston acționate electric, funcționînd cu soluție amoniac—apă.

Pornind de la considerentul că CET București-sud care alimentează cu căldură zona Balta Albă asigură circa 65% din necesarul maxim de încălzire din cazane de vîrf funcționînd cu hidrocarburi și că platforma industrială învecinată (23 August — Republica) dispune de însemnate cantități de căldură deșeu de potențial termic scăzut, s-a analizat posibilitatea valorificării acestei călduri cu ajutorul instalațiilor cu pompă de căldură, în scopul alimentării cu apă caldă de consum a locuințelor învecinate.

Studiile efectuate pentru diferite variante de pompe de căldură au indicat că, în condițiile în care pompele de căldură cu compresie mecanică prezintă indicatori energetici similari cu cei ai pompelor de căldură cu absorbție, elementul de decizie asupra soluției ce urma să fie adoptată a fost reprezentat de existența energiei de antrenare sau de posibilitatea realizării unei instalații de producere a acestei energii în amplasamentul ales.

Analiza a indicat că, datorită inexistenței unui disponibil de abur sau a unui spațiu de amplasare a unei centrale termice pentru producerea lui, soluția care trebuie adoptată este reprezentată de o instalație cu pompă de căldură cu compresie—absorbție.

Astfel, s-a decis proiectarea și realizarea unei instalații experimentale cu pompă de căldură cu compresie—absorbție, care să valorifice căldura deșeu de potențial termic scăzut, conținută în apele de răcire ale compresoarelor de aer din uzinele 23 August, în scopul preparării apei calde de consum pentru o parte din consumatorii urbani învecinați uzinei.

1. Prezentarea instalației

Avînd în vedere că pompa de căldură va funcționa în colaborare cu sistemul de termoficare, instalația a fost prevăzută să funcționeze numai iarna timp de circa 3000 ore/an, diminuînd prin aceasta căldura livrată din cazanele de vîrf ale CET București-sud. Instalația include și o treaptă de recuperare directă cu schimbătoarele de căldură care urmează să funcționeze și vara.

Sursa disponibilă de căldură deșeu de potențial termic scăzut existentă în amplasament, circa 1700 m³/h, cu o temperatură de 25...35°C urmează a fi valorificată în proporție de 76%, respectiv 1300 m³/h, din care 500 m³/h într-o treaptă de recuperare directă și 800 m³/h în pompa de căldură. Racordarea la instalație s-a făcut prin preluarea debitelor respective din conductele de apă caldă care merg la turnurile de răcire și returnarea după utilizarea în instalație direct în bazinele acelorași turnuri de răcire. Apa se răcește în instalație cu circa 5 grade.

Pompa de căldură este de tip compresie-absorbție cu soluție amoniac-apă, compresia fiind realizată cu compresoare cu piston de tip deschis, acționate electric.

Circuitul agentului de lucru: soluția amoniacală bogată cu o concentrație de 70% este introdusă în degazoare la o presiune de 3 ata, unde are loc fenomenul de absorbție, reacție endotermică, ce preia căldură din sursa de căldură deșeu reprezentată de apa de răcire a compresoarelor care este recirculată prin degazoare. Separarea vaporilor de amoniac se face în separatoarele de lichid și rezultă vapori de amoniac și soluție amoniacală săracă, cu o concentrație de 45%.

Vaporii de amoniac sînt aspirați de compresoare și comprimați în două trepte, de la 3 la 14 ata, după care sînt refulați în resorberele pompei de căldură, unde sînt resorbiți în soluție amoniacală săracă, fenomen exotermic, producîndu-se soluție amoniacală bogată cu concentrația de 70%. Căldura de reacție este preluată de apa din circuitul intermediar, care se încălzește de la 40 la 80°C. Soluția amoniacală bogată este stocată într-un rezervor de 5 m³ și este apoi recirculată prin economizoare unde este răcită de către soluția săracă. În continuare, soluția bogată traversează ventilele de laminare unde își scade presiunea de la 14 la 3 ata, după care este introdusă în degazoare.

Soluția săracă provenită din separatoarele de lichid este aspirată de pompele de soluție, unde își ridică presiunea de la 3 la 14 ata, și refulată prin economizoare, unde este încălzită recuperînd căldura de la soluția amoniacală bogată; în continuare este introdusă în resorbere, unde, prin resorbția vaporilor de amoniac refulați de compresoare, devine soluție bogată, crescîndu-i concentrația de la 14 la 70%.

Ținînd cont de caracteristicile fizico-chimice ale amoniacului și de parametrii agentului de lucru în resorbere, instalația a fost prevăzută cu un circuit intermediar pentru a elimina posibilitățile de contaminare accidentală cu amoniac a apei calde de consum. Circuitul apei calde preparate: un debit de 125 m³/h de apă rece din circuitul orășenesc este introdus în circuitul de recuperare directă (schimbătoare de căldură) și este preîncălzită de la 10 la 30°C. În conti-

nuare este introdusă în schimbătoarele de căldură ale circuitului intermediar, unde este încălzită de la 30 la 70°C, după care este transmisă prin instalația de distribuție către consumatori.

Luînd în considerație particularitățile elementelor componente ale instalației (pompa de căldură și treapta de recuperare directă) pentru compresoare, a fost realizată o clădire de 9 × 24 m, cu o înălțime de 8 m și pentru tot restul instalației o platformă descoperită de 8 × 12 m, cu o înălțime de 10 m, situate în imediata vecinătate a turnurilor de răcire.

Instalația de distribuție a apei calde către consumatori: consumatorii sînt reprezentați de circa 8000 apartamente, care în prezent sînt alimentate din termoficare (puncte termice) cu boilere, în așa-numită schemă „două trepte în serie". În momentul intrării în funcțiune a instalației cu pompă de căldură urmează ca racordul acesteia să se facă direct la distribuitoarele de apă caldă din punctele termice.

Pentru corelarea producției continue de apă caldă livrată de pompa de căldură cu programul discontinuu de livrare a acestuia spre consumatori a fost realizată o stație de acumulare — pompare cuprinzînd trei rezervoare de 1000 m³ fiecare, de tip suprateran cu nivel liber. De la această stație sînt alimentate un număr de șase puncte termice.

Schema simplificată a instalației este prezentată în figura 1, iar în tabelul 1 sînt date principalele caracteristici tehnice.

Tabelul 1

Caracteristica	U.M.	Valoarea
Capacitatea termică		
— totală	Gcal/h	7,5
— a pompei de căldură	Gcal/h	5,0
— a treptei de recuperare directă	Gcal/h	2,5
— debit de apă preparată	m³/h	125
Temperatura în instalație		
— a apei la intrare	°C	10
— intrarea la resorbere	°C	40
— ieșirea din resorbere	°C	80
— intrarea în circuitul intermediar	°C	30
— ieșirea din circuitul intermediar	°C	70
Puterea instalată		
— totală	kW	1730
— în compresoare	kW	1620
— în pompele de soluție	kW	90
— în pompele de apă	kW	20
Debit de apă de răcire		
— total	m³/h	1300
— la pompa de căldură	m³/h	800
— la treapta de recuperare directă	m³/h	500
— temperatura apei de răcire intrare/ieșire	°C	35/30
Capacitatea de răcire		
— totală	Gcal/h	6,1
— a pompei de căldură	Gcal/h	3,6
— a treptei de recuperare directă	Gcal/h	2,5

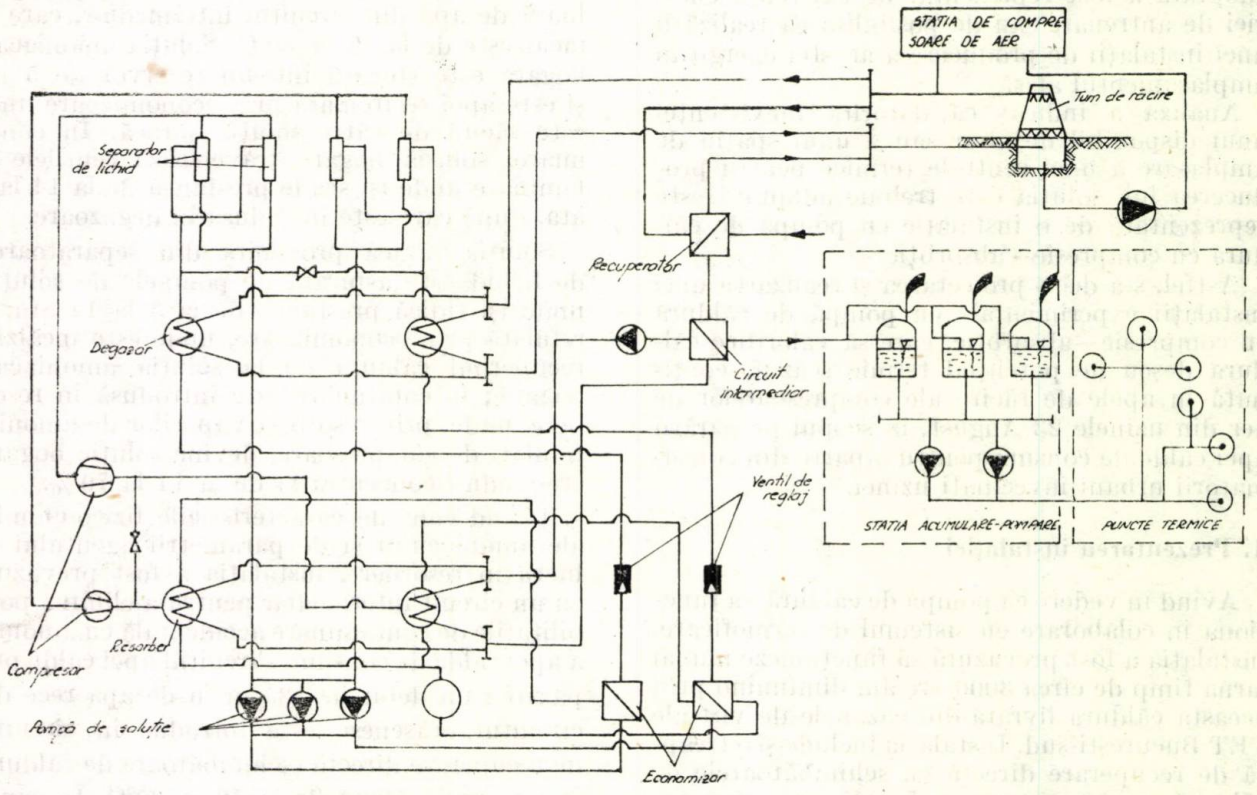


Fig. 1. Instalație de preparare apă caldă de consum cu pompă de căldură cu compresie-absorbție.

2. Experiența la operațiile de construcții-montaj și punere în funcțiune

Deși această instalație a reprezentat la momentul realizării cea mai mare instalație de acest tip cunoscută pe plan mondial, datorită faptului că echipamentele erau uzuale nu au apărut probleme deosebite în cursul activităților de construcții-montaj.

Cu totul altfel s-a pus problema cînd au început operațiile de punere în funcțiune care au scos în evidență unele deficiențe de proiectare sau de calitate a materialelor și echipamentelor utilizate.

Astfel, o primă problemă a fost reprezentată de apariția vibrațiilor nepermise în rețeaua de conducte la cele două compresoare. Îndepărtarea acestor impedimente s-a realizat prin reamplasarea traseelor conductelor principale și prin montarea unor amortizoare de vibrații la aspirația și refularea compresoarelor.

A urmat funcționarea cu cicluri mici a compresoarelor datorită creșterii periculoase a temperaturii agentului la refulare defect ce a fost îndepărtat prin montarea unor răcitoare intermediare între treptele compresoarelor.

O altă problemă a fost reprezentată de ineficiența pompelor de soluție amoniacală care nu îndeplineau nici garanțiile fabricantului. Această problemă nu a putut fi depășită decît prin realizarea unor pompe similare cu cele de import care echipează instalațiile frigorifice.

În sfîrșit, o problemă a fost reprezentată de faptul că unele instalații AMC, deși erau livrate pentru a funcționa în mediu amoniacal, aveau în componență elemente care s-au distrus în funcționare, implicînd prin aceasta funcționarea în regim automat al instalației. Acest impediment a fost depășit prin realizarea respectivelor elemente din materiale rezistente la agresivitatea amoniacului.

Aceste deficiențe și îndepărtarea lor au determinat întîrzierea punerii în funcțiune a instalației la întreaga capacitate cu circa 1 an.

Parcurgînd activitățile de construcții-montaj și de punere în funcțiune în cursul anului 1985 s-a reușit punerea în funcțiune a instalației la capacitatea de 50% din sarcina nominală. În continuare urmează ca pe baza experienței acumulate să se efectueze toate operațiile necesare pentru punerea în funcțiune a instalației la întreaga capacitate.

Totodată, s-a demarat activitatea de experimentare și măsurare a performanțelor de funcționare în regim de exploatare industrială.

În acest sens primele măsurători au indicat că sînt premise favorabile de a obține indicatorii de funcționare estimați la proiectare.

3. Considerații tehnico-economice și concluzii

Se estimează că instalația va funcționa la întreaga capacitate circa 3000 h/an în timpul iernii, diminuînd prin aceasta căldura livrată din cazanele de vîrf funcționînd pe hidrocarburi și circa 4000 h/an vara numai ca treaptă de preîncălzire a apei prin utilizarea treptei de recuperare directă.

În tabelul 2 sînt prezentate principalele caracteristici tehnico-economice estimate să se obțină cu această instalație.

Tabelul 2

Caracteristica	U.M.	Valoarea
Capacitate termică anuală	Gcal/an	27500
Capacitate de recuperare anuală	Gcal/an	23300
Coeficientul de performanță pentru :		
— Pompa de căldură	—	3,4
— Întreaga instalație	—	4,9
Consumul specific de energie electrică	kWh/Gcal	237
Consumul anual de energie primară	t c.c./an	3800
Economia de energie primară	t c.c./an	1800
Termenul de recuperare	ani	9

Deși în stadiul actual al lucrărilor încă nu pot fi prezentate concluzii pertinente, pe baza primelor măsurători efectuate se estimează realizarea unei economii anuale de energie primară, reprezentînd circa 47% din consumul anual actual pentru amplasamentul ales.

În cazul în care o instalație identică s-ar realiza într-un amplasament similar din punctul de vedere al sursei de căldură deșeu și al consumatorilor de căldură, însă situați într-o zonă alimentată centralizat cu căldură din centrale termice (cazuri relativ frecvente în țară) pe baza măririi substanțiale a duratei de funcționare a instalației s-ar obține efecte energetice și economice mult îmbunătățite, economia de combustibil putînd crește la circa 4600 t c.c./an, ceea ce reprezintă 50% față de consumul actual, respectiv realizarea unui termen de recuperare a investițiilor suplimentare din valoarea economiilor anuale de combustibil de circa 3—4 ani.

Aceste considerente constituie un element pozitiv privind perspectivele de generalizare a acestui tip de pompă de căldură, care prezintă marele avantaj de a pretinde materiale și echipamente din fabricația curentă la noi în țară.

(Primit la 28 octombrie 1985, acceptat la 5 noiembrie 1985)

Concluzii și orientări rezultate din Sesiunea de comunicări tehnico-științifice ICEMENERG, 27—28 septembrie 1985

Dr. ing. GHEORGHE BĂLAN
director adjunct științific al ICEMENERG

Sesiunea jubiliară a ICEMENERG, cu tema „25 de ani de cercetare tehnico-științifică în slujba independenței energetice a României" a prilejuit un util schimb de experiență, un dialog fructuos al cadrelor de cercetare — proiectare — exploatare din rețeaua de unități ale M.E.E. și al unor specialiști de prim rang din institute de învățămînt superior și din alte instituții angrenate în rezolvarea problemei dificile, de importanță majoră pentru economia noastră națională, a energiei.

Un rol definitoriu în inițierea și orientarea cercetării departamentale de ramură, l-au avut corifei ai energeticii românești ca prof. Dimitrie Leonida, academicianul Martin Bercovici, membrii corespondenți ai Academiei prof. Dorin Pavel, dr. doc. Paul Dimo, prof. emerit Constantin Dinculescu și alții, care au contribuit, împreună cu succesorii lor, specialiști de seamă ai M.E.E., la înființarea IRME și apoi a ICENERG, contopite ulterior în ICEMENERG, la afirmarea și consolidarea în țară și în străinătate a prestigiului de care se bucură astăzi institutul nostru.

De altfel, conferirea, pentru a treia oară consecutiv, a titlului de institut de cercetare fruntaș, atestă valoarea și prestigiul științific de care se bucură institutul nostru în fața unităților M.E.E. și a altor ramuri industriale sau foruri științifice din țara noastră, avînd darul să întărească mîndria profesională a cercetătorilor și a tuturor oamenilor muncii din ICEMENERG, de a aborda și finaliza sarcini noi, mai complexe și mai grele, în viitor.

Privind la perioada romantică a începutului și urmărind tematica pe care o dezbăteam și rezolvam în primii cinci ani de existență a IRME, în care ponderea principală a constat în „remedieri" și „modernizări", putem să constatăm astăzi, după desfășurarea lucrărilor sesiunii jubiliare, că tematica de cercetare este situată pe un plan mult superior față de trecut, că problemele de cercetare pe care le-am abordat acum sînt de importanță majoră pentru economia națională, au o complexitate mult sporită față de perioada anterioară, că ele au reclamat, în multe cazuri, eforturi interdepartamentale, implicînd în rezolvarea lor echipe interdisciplinare, aparate și instalații de mare complexitate și diversitate.

În această perioadă de 25 de ani în slujba cercetării departamentale, ca și la organizarea sesiunii de față, s-a simțit în permanență sprijinul substanțial al conducerii de partid și de stat în dezvoltarea energeticii românești cu ritmurile cele mai înalte. Acest sprijin se află la baza rezultatelor obținute de institut în promovarea progresului tehnic, în producerea, transportul și distribuția energiei electrice și termice, precum și în alte domenii conexe.

Se poate remarca, pe bună dreptate, că cele mai semnificative rezultate ale institutului s-au obținut după cel de-al IX-lea Congres al partidului, cînd, datorită sprijinului deosebit dat de secretarul general al partidului, tovarășul Nicolae Ceaușescu, s-a putut realiza o bună bază experimentală și crea un fond valoros de cadre, factori hotărîtori pentru cercetarea modernă, teoretică și experimentală, în domeniul energetic. Sub directa coordonare a Consiliului Național pentru Știință și Tehnologie, a președintelui său, tovarășa academician dr. ing. Elena Ceaușescu, cercetarea românească — în cazul de față cea energetică — a obținut rezultate de valoare, România avansînd spre independența sa energetică, folosind materii prime și echipament energetic accesibil în țară și elaborînd tehnologii și proiecte de instalații de cea mai mare complexitate prin forțe proprii. Aceste aspecte au fost bine scoase în evidență de rapoartele și referatele sesiunii jubiliare.

Sesiunea jubiliară și-a desfășurat lucrările în cadrul a șapte secții :

În **secția I** „*Realizarea și funcționarea centralelor electrice pe cărbune și șisturi*" (raportor general ing. Teodor Bodu) s-au ținut 34 de referate, reflectînd cercetări cu caracter interdisciplinar și interdepartamental, cu aplicabilitate imediată în practică. Referatele și luările de cuvînt au abordat probleme de maximă actualitate pentru economia națională, ca de exemplu :

— utilizarea în centralele termoelectrice a combustibililor solizi inferiori (lignitul din bazinul Rovinari, șisturi din bazinul Anina și Doman etc.) ;

— arderea lignitilor și schimbarea regimului de combustie în cazane ;

— folosirea în centralele termoelectrice a păcurii vîscoase ;

— comportarea în exploatare a echipamentului energetic (blocul de 330 MW, morile de cărbune, echipamentele pentru evacuarea zgurii și cenușii, supraîncălzitoarele, conductele etc.)

— probleme de metalurgie și de chimie energetică din centrale;
— automatizări în centrale.

Sînt de evidențiat lucrările care se referă la perfecționarea tehnologiilor de ardere a lignitului și de reducere a consumului de hidrocarburi-suport pentru flacără, precum și lucrările care se referă la combaterea coroziunii metalului și la tratarea aspectelor metalurgice din centralele termoelectrice.

Mulți participanți la dezbateri au scos în evidență rolul oamenilor, al personalului tehnic din centralele termoelectrice pentru siguranța funcționării și mersul economic al instalațiilor, așa încît s-a făcut chiar propunerea ca în viitor să se găsească un cadru adecvat pentru tratarea mai adîncită a aspectelor sociologice privind realizarea și funcționarea centralelor electrice.

Secția a II-a (30 de referate) „*Reducerea consumurilor specifice și a consumurilor proprii tehnologice la producerea, transportul și distribuția energiei electrice și termice*" (raportor general ing. Jean Pomârleanu).

Problemele abordate în referatele secției a II-a au fost de o importanță deosebită, avînd în vedere — pe de o parte — dificultățile legate de producerea și furnizarea energiei electrice și termice în condițiile iernilor mai aspre din ultimul timp, iar — pe de altă parte — normele de consum prevăzute pentru cincinalul care urmează, ca de exemplu 171 g c.c./kWh pentru centralele pe cărbune în regim de termoficare, 380 g c.c./kWh pentru centralele pe cărbune în regim de condensație și 425 g c.c./kWh pentru centralele pe șisturi bituminoase. Aceste date se referă la consumurile specifice de combustibil convențional la producerea energiei electrice. La producerea energiei termice, consumurile specifice trebuie, conform prevederilor, să se încadreze, de asemenea, în limite strînse, între 168 și 174 kg c.c./Gcal.

Majoritatea referatelor au contribuit, integral sau în mare măsură, la soluționarea problemelor de reducere a consumurilor specifice prin îmbunătățirea arderii combustibilului solid, reducerea pierderilor de căldură; determinarea caracteristicilor energetice și a cantităților reale de cărbune intrat în centrale; noua soluție constructivă pentru membranarea fasciculelor convective de țevi ale cazanelor de apă fierbinte; implementarea calculatoarelor pentru supravegherea consumului specific de combustibil (mai ales la blocurile de 330 MW) etc. O altă categorie de referate s-a ocupat de problemele circuitelor de răcire din centralele termoelectrice, ținînd seama de exigențele care se pun în gospodărirea foarte strictă a apei din zona centralelor. În domeniul termoficării, cercetările experimentale și pe modele matematice au scos la iveală noi surse de economisire a materialelor și a cheltuielilor de exploatare. O serie de referate și luări de cuvînt au pus în evidență noi metode de investigare și de reducere a pierderilor la transportul energiei electrice.

Problemele legate de calitatea energiei electrice în regim deformant au făcut obiectul unor referate interesante, continuînd și îmbogățind școala românească a lui C. I. Budeanu și I. S. Antoniu în acest domeniu al electrotehnicii.

Din referatele și luările de cuvînt n-au lipsit nici problemele practice ale exploatării instalațiilor și utilizării energiei, ca, de exemplu: compensarea statică a energiei reactive prin surse reglabile cu tiristoare, definirea unor indicatori caracteristici ai utilizării raționale a energiei etc. După părerea unanimă a specialiștilor care au luat parte la discuții, noi, energeticienii, trebuie să devenim mai combativi și mai competenți, militînd cu mai multă convingere și eficiență pentru eliminarea neajunsurilor ce se resimt pe plan național în domeniul perfecționării tehnologiilor energointensive. Este imperios necesar ca noi, cercetătorii, să abordăm în continuare, cu mai mult curaj, problemele economiei de energie și reducerii consumurilor energetice în toată economia națională.

Secția a III-a (57 referate) a avut tematica de importanță majoră pentru întreaga economie națională a „*Creșterii siguranței în funcționare a instalațiilor din SEN*" (raportor general dr. ing. Gheorghe Bălan).

După numărul de lucrări prezentate și după aria de probleme cuprinsă, secția a ocupat un loc de frunte în cadrul sesiunii.

Preocupările în acest domeniu au cuprins problematica siguranței în funcționare, atît la nivelul ansamblului SEN, interconectat cu sistemele vecine, cît și al instalațiilor și echipamentelor din centrale și din rețele electrice.

O parte din raport și din luările de cuvînt a abordat aspectele tehnice ale stabilității în funcționare a SEN, evidențiindu-se faptul că aceste lucrări, cu importante implicații în costurile de exploatare și de dezvoltare a sistemului, au cîmp larg de dezvoltare în viitor. Pentru exemplificare se pot cita preocupările privind dezvoltarea unor noi sisteme de automatici de siguranță și de rezolvare pentru grupurile de mare putere, realizarea unor tehnologii noi de conducere a regimurilor sistemului bazate pe noile mijloace de calcul și altele.

Au fost tratate, de asemenea, subiecte care prezintă interes pentru exploatarea și întreținerea SEN. Analizînd în ansamblu referatele și discuțiile purtate în cadrul acestei secții și recunoscînd meritele incontestabile ale lucrărilor nu se pot omite nici unele remarci critice privind funcționarea sistemului electroenergetic. Sistemul nostru energetic se confruntă în prezent cu mari dificultăți de închidere a balanței putere-energie electrică, funcționînd la frecvență scăzută. Această situație este caracterizată printr-un grad foarte scăzut de siguranță și prin funcționarea cu randamente scăzute, atît a instalațiilor din SEN, cît și a instalațiilor tehnologice consumatoare de energie electrică. În aceste condiții, sistemul nedispunînd de rezerva necesară, de automatică antiavarie corespunzătoare și de asistența de avarie a sistemelor vecine, perturbații de amplitudine relativ redusă fac necesare sacrificii importante de consum sau pot amenința integritatea sistemului.

Atît în raportul general prezentat, cît și în discuțiile și completările aduse de vorbitori a fost subliniată necesitatea dezvoltării unor preocupări importante privind activitatea de viitor în domeniul creșterii siguranței în funcționare a instalațiilor din SEN, printre care menționăm :

— pregătirea și perfecționarea personalului de cercetare-proiectare-exploatare, ca prim element în lanțul fiabilității instalațiilor din SEN ;

— finalizarea preocupărilor privind realizarea simulatoarelor pentru instruirea personalului de exploatare din instalațiile SEN ;

— elaborarea unei sinteze a cercetărilor teoretice și experimentale privitoare la proiectarea, construirea și întreținerea instalațiilor de 750 kV de la noi din țară, în vederea întocmirii instrucțiunilor, completării normativelor și prescripțiilor aferente ;

— acordarea unei mai mari atenții preocupărilor în domeniul fiabilității schemelor tehnologice, de alimentare a instalațiilor și a consumatorilor ;

— extinderea cercetărilor de echipamente și de material, inclusiv colaborarea, încă din fazele de concepție, dintre furnizor și proiectantul de echipamente care intră în SEN ;

— conturarea unui concept integrat pentru disponibilitatea și fiabilitatea instalațiilor din SEN (om-echipament-scheme tehnologice-regimuri de funcționare-mediu înconjurător) ;

— dezvoltarea și utilizarea tehnicii diagnosticării echipamentelor.

În **secția a IV-a** (72 referate) „*Valorificarea unor resurse energetice de alternativă, reînnoibile, refolosibile*" s-a prezentat un număr important de referate, ceea ce reflectă marea diversitate și complexitate a tematicii acestei secții, care cuprinde problematica energeticii nucleare (raportor general ing. V. Vlad), a hidroenergeticii (raportor general dr. ing. Fl. Ardeleanu), a surselor noi și reînnoibile (raportor general ing. C. Popescu) și a resurselor energetice refolosibile (raportor general ing. Al. Florescu).

Asigurarea la nivelul anului 1995 a necesităților de energie electrică a țării, în primul rînd prin punerea în funcțiune a unei serii de CNE cu o putere instalată de 12000 MW, pune în fața cercetării probleme deosebite. Cercetarea din unitățile M.E.E. în acest domeniu a fost angajată cu o mare întîrziere. Din acest motiv, așa cum rezultă din referate și discuții, se cere concentrarea maximă a forțelor de cercetare din ICEMENERG și din alte institute (ISPE, IPB, IRNE), pe următoarele direcții prioritare :

— elaborarea și aplicarea unor condiții tehnice și programe stricte de asigurare a calității în toate unitățile care participă la realizarea CNE ;

— studierea regimurilor de funcționare ale părții clasice a CNE și a sistemului nuclear de producere a aburului, precum și a aspectelor particulare ale interconectării CNE cu SEN ;

— elaborarea unor soluții tehnologice și de structură pentru schemele și componentele CNE etc.

Lucrările prezentate în cadrul acestei subgrupe a secției s-au referit la asigurarea calității, *utilizarea energiei nucleare* pentru alimentarea cu căldură a orașelor și la problematica specifică a exploatării CNE (funcționarea CNE în regimuri nenominale sau de avarie, comportarea dinamică a unui grup nuclear etc.).

Deși lucrările prezentate se valorifică concret în programul de realizare a CNE, trebuie remarcat că nu a fost prezentat tot ansamblul problemelor legate de realizarea și exploatarea CNE.

Odată cu eliminarea greutăților incipiente de organizare a cercetărilor proprii în acest domeniu la unitățile M.E.E., prin crearea și/sau întărirea corespunzătoare a colectivelor ce desfășoară activități în acest domeniu vital, cercetarea trebuie să ofere soluțiile necesare atît exploatării, cît și proiectării CNE.

Referatele și luările de cuvînt în subsecția de *hidroenergetică* au scos în evidență activitatea bogată în realizări, unele avînd caracter de noutate pe plan național și chiar mondial, ca de exemplu : integrarea amenajărilor hidroenergetice în sistemul informațional general al

apelor; gospodărirea și utilizarea rațională a stocurilor de apă; utilizarea căldurii reziduale provenite de la CNE Cernavodă; studierea funcționării economice a microhidrocentralelor; impactul circuitelor de răcire din CTE și CNE asupra mediului acvatic etc.

Lucrările cu specific hidroenergetic și hidrotehnic au excelat printr-un pronunțat caracter aplicativ, avînd la bază abordarea teoretică și experimentală de nivel înalt. Dintre domeniile mai puțin abordate se pot aminti: pompele și stațiile de pompare, echipamentele specifice ale CHE și MHC, problemele surselor de apă și ale lacurilor de acumulare, problema rețelelor și instalațiilor de transport al zgurii și cenușii etc.

În problematica *surselor noi și reînnoibile* au fost prezentate 28 de lucrări, dintre care opt lucrări consacrate cercetărilor tehnologice privind utilizarea termică a energiei solare pentru producerea de căldură de joasă temperatură. Alte lucrări sînt legate de soluții tehnologice pentru conversia energiei solare în energie electrică sau de utilizare a forței vîntului, a energiei valurilor, a biogazului, a energiei geotermale în același scop.

În perspectiva viitorului cincinal, acestei activități de cercetare științifică îi revine un rol important, iar colectivelor de cercetare angrenate în acest domeniu o sarcină deosebit de mobilizatoare.

Secția a V-a (35 referate) „*Automatizarea, informatizarea și optimizarea complexă a conducerii în energetică*" (raportor general ing. Sergiu Săndulescu) a abordat problematica prioritară, de avangardă, a implementării calculatoarelor electronice și a microprocesoarelor în conducerea sistemului electroenergetic. Problemele analizate în cadrul acestei secții se pot grupa după cum urmează:

— metodologii, modele matematice și programe de calcul pentru asistarea cu calculator a cercetării și proiectării în energetică;

— utilizarea micro și minicalculatoarelor la supravegherea și conducerea instalațiilor și proceselor tehnologice;

— sisteme de reglare automată, camere de comandă și pupitre operative.

Necesitățile conducerii sistemului electroenergetic, izvorîte din dezvoltarea accentuată a rețelelor de transport și distribuție, a centralelor electrice, a marilor consumatori industriali, impun intensificarea cercetărilor în acest domeniu, multiplicarea și diversificarea sistemelor de calcul pentru luarea operativă a deciziilor optime de funcționare a sistemului electroenergetic în ansamblu și a elementelor lui componente.

Secția a VI-a „*Realizarea de materiale, produse noi și modernizate în vederea reducerii sau evitării importului*" (raportor ing. Vasile Budașcă) a abordat o tematică de mare actualitate pentru economia națională, și anume reducerea importului și intensificarea exportului de produse și tehnologii.

În cadrul acestei secții, cel mai mare număr de lucrări se referă la realizarea de instalații, aparatură sau produse noi, la care se adaugă și modernizarea unor scheme sau echipamente existente în nomenclatorul de produse al ICEMENERG. Astfel, de exemplu, se pot menționa preocupări în domeniul sistemelor de excitație ale turbogeneratoarelor, barelor colectoare ale hidrogeneratoarelor de tip bulb, cutiilor de borne pentru motoarele de 6 kV pentru serviciile interne, accesoriilor și tehnologiilor pentru cablurile electrice, echipamentelor și utilajelor necesare încercărilor de punere în funcțiune și profilactice din instalațiile SEN și altele. Contribuțiile originale ale specialiștilor care lucrează în acest domeniu sînt bine puse în evidență prin instalațiile de automatizare tip SINCROSET și TELESET, prin echipamentele de telecomunicație etc. Din referatele și luările de cuvînt rezultă că activitatea ICEMENERG de asimilare a unor produse noi reprezintă o tendință deosebit de pozitivă și utilă pentru sectorul energetic și că rezervele interne în acest domeniu încă nu sînt nici pe departe epuizate.

În **secția a VII-a** avînd tematica „*Dezvoltarea energetică a României; valorificarea eficientă a energiei în economia națională*" (raportor general dr. ing. Călin Mihăileanu) s-au abordat probleme deosebit de interesante privind căile ce ar trebui să fie urmate de energetica românească în perspectiva mai apropiată (în cincinalul 1986—1990) și mai depărtată (anul 2000—2010). Dintr-o serie de referate și discuții a rezultat că pentru definirea politicii energetice a României anului 2000 este necesară examinarea corelată a cel puțin trei sisteme aflate în interacțiune și anume:

— sistemul național al energiei, de la extracția sau captarea purtătorului de energie pînă la consum;

— sistemul investițiilor energetice;

— sistemul tehnologiilor energetice.

Legat de acestea, în luările de cuvînt s-a pus un accent deosebit pe problematica modernizării, reutilării, restructurării ramurilor economiei naționale, în special a celor mari consumatoare de energie (industria chimică, metalurgică etc.).

Printre alte probleme importante privind politica energetică a României s-a arătat că, ținîndu-se seama de dimensiunile țării noastre și de potențialul nostru economic, selectarea unor direcții prioritare de cercetare și concentrarea eforturilor tehnice și financiare pe anumite direcții se pune mai acut decît în țări care dispun de resurse mari.

O serie de lucrări și luări de cuvînt ale acestei secții s-au referit la problemele cu „bătaie mai scurtă" ale dezvoltării rețelelor de distribuție; introducerii tensiunii de 750 kV în SEN; aplatisării în continuare a curbei de sarcină; bilanțurilor energetice etc.

Problema calității energiei electrice livrate consumatorilor a fost una din problemele principale evidențiate în cadrul discuțiilor. Asigurarea continuității în alimentare, menținerea frecvenței și a tensiunii la parametrii prescriși influențează într-un mod important randamentele de utilizare a energiei. În această ordine de idei s-a subliniat necesitatea efectuării unor cercetări aprofundate privind daunele provocate consumatorilor, datorate calității necorespunzătoare a energiei electrice.

Rezultatele lor trebuie utilizate la fundamentarea măsurilor necesare pentru asigurarea unor parametri de calitate corespunzători.

Problemele stringente ridicate în cadrul acestei secții rămîn în continuare de mare actualitate, angrenînd în rezolvarea lor cercuri largi de specialiști și foruri de decizie.

Sesiunea jubiliară de comunicări ICEMENERG a reprezentat un punct de întîlnire a cercetătorilor cu proiectanții, specialiști din exploatare, alți specialiști din alte ramuri, cele aproape 300 de comunicări tehnico-științifice, împreună cu cele peste 150 luări de cuvînt, fiind o dovadă a colaborării eficiente, strict necesare pentru ameliorarea situației energeticii actuale și pentru dezvoltarea în continuare a energeticii românești în cel de-al doilea secol de existență. În final, prezidiile secțiilor au stabilit, prin selecționare, lucrările care au fost premiate și propuse pentru publicare în revista Energetica.

Din activitatea Conferinței Internaționale de Energetică Industrială — CIEI

În zilele de 9 și 10 septembrie a.c., la sediul ICEMENERG din București, s-a desfășurat ședința anuală de lucru a Simpozionului B3 „Energetică Industrială și Protecția Mediului Înconjurător" a CIEI.

Conform planului de lucru pentru perioada 1985—1987 aprobat la cea de a XI-a Conferință Internațională de Energetică Industrială din septembrie 1984 de la Berlin, ședința de lucru din anul 1985, de la București, a abordat **probleme legate de îmbogățirea și înnobilarea combustibililor inferiori solizi.**

La ședința de lucru au participat specialiști din ICEMENERG, ISPE, IPB, ICMPC Petroșani, precum și oaspeți de peste hotare, din Polonia și Ungaria.

Tema propusă a fost dezbătută pe baza prezentării următoarelor lucrări:

1. Posibilități de înnobilare a lignitilor românești.
Prof. dr. ing. Frumuzache Barca; ing. G. Panaitescu; ing. C. Vidrichin; ing. Anca Penu; ing. A. Schiopu — IPB.
2. *Cercetări privind îmbunătățirea calității combustibililor cu conținut caloric redus în România.*
Dr. ing. Lidia Mihăilescu și ing. Georgeta Păsculescu — ICPMC Petroșani.
3. *Instalația pilot de îmbogățire a lignitilor de la IE Rovinari.*
Dr. chim. Maria Maftei; ing. Constantin Cuibac; tehn. Victoria Dănet — ICEMENERG.
4. *Aspecte referitoare la procedeele de înnobilare a cărbunelui.*
Dr. ing. Werner Gooss — ICEMENERG.
5. *Metode de îmbogățirea cărbunelui.*
Dr. ing. Zygmunt Nikodem — R.P.P.
6. *Aspectul pozitiv al îmbogățirii lignitului asupra producției de energie electrică și asupra protecției mediului înconjurător.*
Dr. ing. Ildiko Bozeik — R.P.U.
7. *Îmbogățirea cărbunilor inferiori în R. P. Bulgaria.*
Ing. Nikola Kolev — R.P.B.
8. *Unele considerații asupra funcționării instalațiilor de îmbogățire a cărbunilor din S.U.A.*
Dr. ing. Călin Mihăileanu — ICEMENERG.

În plus, în ziua de 10 septembrie a fost organizată o masă rotundă cu tema „Îmbogățirea lignitilor prin spălare". La discuții, care au avut ca moderator pe dr. ing. Lidia Mihăilescu de la ICPMC-Petroșani, au luat parte toți participanții, tema abordată dovedindu-se de foarte mare actualitate, de altfel existînd o experiență variată în acest domeniu atît de dificil.

La încheierea ședinței de lucru au rezultat următoarele concluzii:

1. În țările care au participat la ședința de lucru din 1985 există preocupări în domeniul îmbogățirii combustibililor solizi. Odată cu criza petrolului s-au reluat cu intensitate sporită și dintr-o nouă optică cercetările pentru înnobilarea cărbunilor ce urmează să fie utilizați pentru scopuri energetice.
2. Cărbunii superiori sînt utilizați în alte scopuri decît cele energetice.
3. Scopul principal al îmbunătățirii cărbunilor este creșterea puterii calorifice și numai în al doilea rînd efectele privitoare la protecția mediului înconjurător, cu excepția R.P.U. unde se urmăresc ambele aspecte de la început.

4. Încercările de îmbogățire se fac pe fiecare sort de cărbune în parte : nu se poate face o extrapolare a rezultatelor, nici chiar pentru cărbuni din cariere apropiate.

5. În țara noastră este oportună obținerea unui combustibil solid îmbogățit pentru uzul termocentralelor, care prin calitatea ridicată și în special prin stabilitatea caracteristicilor să asigure funcționarea lor continuă și sigură, să permită reducerea pînă la eliminare a combustibilului suport pentru susținerea flăcării etc.

6. Preocupările românești în domeniul îmbogățirii — înnobilării combustibililor solizi datează de mai mulți ani. Cercetările au fost desfășurate de către :

— ICPMC Petroșani — îmbogățire de lignit în medii dense ;
— îmbogățire de șist bituminos prin metode uscate.
— ICEMENERG — îmbogățire prin spălare — hidrociclonare.
— IPB — îmbogățirea prin uscare.

7. S-a subliniat necesitatea efectuării unor studii tehnico-economice pentru fiecare instalație de îmbogățire în parte (R.S.R., R.P.P., R.P.U., R.P.B.).

8. Avînd în vedere greutățile mari pe care le ridică aproape în toate cazurile îmbogățirea prin spălare a cărbunilor inferiori, în toate țările se recomandă îmbunătățirea calității cărbunelui prin excavare selectivă.

9. S-a subliniat utilitatea acestor întîlniri cu caracter de lucru, care permit un schimb de experiență și idei în domenii de stringentă actualitate și care deschid noi perspective de aplicare și utilizare a unor cercetări valoroase.

Materialele prezentate la ședința de lucru urmează să fie multiplicate, traduse și difuzate tuturor participanților.

Viitoarea ședință de lucru a Simpozionului B3 se va desfășura în R.P.P., la Wroclaw, în luna noiembrie 1986. Tema va fi „Utilizarea deșeurilor în scopuri energetice și protecția mediului înconjurător" cu indicația de a se trata în special, ca exemplificare, utilizarea căldurii reziduale din metalurgia neferoasă și rezultatele privind reducerea poluării.

Chim. Eleonora Ataman
— ICEMENERG —

Recenzie

A. FRANSUA și R. MĂGUREANU. **Electrical Machines and Drive Systems. (Mașini și sisteme de acționare electrice).** Editura „Technical Press" — Oxford în colaborare cu Editura Tehnică — București, 1984.

Lucrarea citată reprezintă o revizuire și o amplificare a unei ediții publicate în limba română în 1978. Cartea își propune să prezinte, cu suficiente detalii, principiile de bază, caracteristicile și performanțele principalelor tipuri de mașini electrice folosite în prezent în acționări. Acestea sînt studiate în regimuri de stabilitate dinamică și statică, împreună cu echipamentul de acționare și de comandă, precum și sistemele complexe de acționări electrice care sînt folosite în instalațiile moderne.

Autorii, cunoscuți specialiști și profesori la Institutul Politehnic din București, împreună cu colaboratorii lor, profesorii Aurel Cimpeanu și Mihai Tocaci de la Institutul Politehnic din Craiova, respectiv Petroșani, precum și dr. Mihai Condruc, au reușit să realizeze o carte de referință în acest domeniu, apreciată și peste hotare cu calificative excepționale. Referatul de specialitate, întocmit de secția (echivalentă cu noțiunea de facultate de la noi) de Științe Tehnice de la Universitatea din Oxford, menționează în mod elogios că puține cărți îmbină așa de fericit teoria cu aplicațiile.

Conținutul cărții este distribuit în nouă capitole.

În capitolul 1 se face o trecere în revistă a legilor fundamentale ale electrotehnicii și ale mecanicii care sînt importante pentru înțelegerea funcționării elementelor electromecanice ale sistemelor de acționări. Sînt prezentate, de asemenea, cîteva dintre conceptele de bază necesare pentru înțelegerea celorlalte capitole, precum și principalele metode folosite în analiza sistemelor electromecanice (analiză prin serii Fourier, calculul operațional, algebra diagramelor bloc etc.).

În capitolul 2 se prezintă studiul elementelor de acționare și comandă folosite în instalațiile electromecanice, precum și cele două componente principale ale acestora : motorul electric și partea mecanică. Se discută criteriile de definire și clasificare a elementelor, fenomenele de bază, caracteristicile și performanțele generale, principalele regimuri dinamice ale acționărilor electrice, regimurile de stabilitate statică rezultînd din interdependența dintre puterea electrică și sarcina mecanică etc. Într-un paragraf se discută și se prezintă dispozitivele de comutație și echipamentul de protecție folosite în acționările electrice. De asemenea, într-un paragraf se tratează pe scurt (însă suficient pentru lucrare), semiconductoarele de putere, prezentîndu-se caracteristicele lor „intrare-ieșire", atît cele teoretice, cît și cele reale. Autorii reușesc să prezinte schemele echivalente ale circuitelor cu relee și contactoare și principiul lor de funcționare, în mod clar, fără să recurgă la teoria fizică a semiconductoarelor și a joncțiunilor, care, evident, poate fi ignorată de specialistul în acționări. Sînt prezentate, de asemenea, sistemele de acționare comandate automat, caracteristicile și performanțele acestora, gradul lor de exactitate, precum și componentele lor funcționale.

Capitolele 3, 5, 6 și 7 se ocupă de principalele probleme legate de folosirea în acționările industriale a mașinilor de curent continuu, a transformatoarelor, a bobinelor de inducție, a motoarelor sincrone și a celor asincrone. Sînt discutate, pentru fiecare caz, fenomenele de excitație magnetică, de reacție, de inducție, cuplurile electromagnetice. Ecuațiile funcționale sînt date atît pentru funcționarea în regim stabilizat, cît și pentru regimuri dinamice, acordîndu-se o atenție specială acestora din urmă. De asemenea, se dă o importanță deosebită fenomenelor legate de pornire, de frînare și de reglare a vitezei. Acestea sînt analizate critic din punctul de vedere al performanțelor care pot fi obținute ținînd seama de importanța acestora și rolul lor în practica sistemelor de acționări în industrie.

Capitolul 4 oferă o analiză originală a regimurilor de funcționare a semiconductoarelor convertoare, care se folosesc în foarte mare măsură ca elemente de acționare în schemele în curent continuu. Se discută principalele probleme ale conducției discontinui, ale comutației diodelor și tiristoarelor, ale puterii și circulației de curenți, ale reversibilității redresoarelor-invertoarelor etc.

În capitolul 8 se tratează acționările care folosesc motoare de curent alternativ, precum și convertoarele semiconductoare comandate, care alimentează motoarele sincrone și asincrone și care permit un reglaj al vitezei pentru aceste tipuri de motoare.

Ultimul capitol tratează tipurile de elemente care servesc pentru stabilirea și controlul poziției acționărilor electrice, ca, de exemplu, motoarele „stepper" (pas cu pas), selsinurile, transformatoarele rotative, „inductosinusurile" etc.

Fiecare capitol se încheie cu cîte un grup de probleme ale căror soluții ajută cititorul să se familiarizeze cu cele mai multe date și valori numerice întîlnite în practică, fiind în același timp un material de control pentru verificarea înțelegerii problematicii conținutului.

Prin structura și conținutul său lucrarea este deosebit de interesantă pentru specialiștii care lucrează în domeniul energetic, fiind utilă cercetătorilor, proiectanților, celor care lucrează în exploatare și, bineînțeles, principalilor beneficiari — specialiștii din învățămînt și studenții. Faptul că lucrarea a fost tradusă în limba engleză, existînd solicitări și pentru traduceri în alte limbi, dovedește interesul larg al specialiștilor de pretutindeni, care au apreciat tema și modul de prezentare.

Dr. ing. Eugeniu Pavel

E 2039

CUPRINSUL GENERAL

al revistei „Energetica" pe anul 1985, pe grupe de specialitate

E.1. Maria Maftei : Chimia în energetică,direcții prioritare, aport, perspectivă, nr. 4, p. 145—146.
E.2. Călin Mihăileanu : Surse noi de energie în energetica de tranziție, nr. 5, p. 193.
E.3. Lucia Roșca, Mario Duma : Energetica și dezvoltarea economico-socială a României, nr. 7, p. 289—291.
E.4. * * * Sarcinile energeticii românești la împlinirea unui secol de existență, nr. 10, p. 433.
E.5. Călin Mihăileanu : 100 de ani de energetică românească, nr. 10, p. 437—439.
E.6. Lucia Eugenia Roșca : 25 de ani de cercetare, nr. 12, p. 529—531.

I. Orientări în energetică

1. George Marinescu : Influența mărimii normate a ratei de actualizare asupra consumului de resurse al investițiilor, nr. 1, p. 1—7.
2. Pavel Buhuș, Gheorghe Comănescu : Calculul „cheltuielilor totale actualizate" în două ipoteze de eșalonare în timp a cheltuielilor calendaristice, nr. 2, p. 67—71.
3. Liviu Lup : Strategia utilizării unor resurse alternative de energie : hidraulică și solară, nr. 2, p. 78—84.
4. Dumitru Teaci, Neculai Hurduc : Considerații privind resursele de fitomasă ale României, pretabile a fi utilizate ca sursă reînnoibilă de energie, nr. 9, p. 385—391.
5. Mario Duma, Iosif Cserveny, Radu Duduica, Gheorghe Pribiag, Dan Fulger, Georgeta Epure, Emanoil Bărbulescu, Dan Calcișcă : Priorități științifice și tehnologice ale României în domeniul energiei. Analiză, fundamentare, selectare, promovare, nr. 12, p. 532—538.

II. Energetica în unități economice

1. Constantin Buzatu : Optimizarea proiectării sculelor aschietoare din punctul de vedere al consumului minim de energie electrică în procesul de așchiere, nr. 1, p. 8—11.
2. Liviu Canciu, Nicolae Oprișiu, Constantin Zamfira : Determinarea timpului de demaraj al unei acționări cu motor asincron trifazat prevăzut cu autotransformator bifazat de pornire, nr. 1, p. 11—13.
3. Șerban Cotenescu : Posibilități de economisire a energiei, rezultate din cercetare, la un cuptor electric cu arc de 100 t pentru elaborarea oțelurilor, proiectat să lucreze în regim UHP, nr. 1, p. 14—25.
4. Emanoil Cocoș, Horia Măries, Marius Popescu : Compensatoare statice rapide, mijloace eficiente de combatere a perturbațiilor produse de cuptoare electrice cu arc, nr. 2, p. 84—88.
5. Ovidiu Țuțuianu : Aspecte privind utilizarea căldurii de potențial coborît pentru încălzirea serelor și solariilor, nr. 6, p. 262—268.
6. Dumitru Dobrinescu, Vasile Somoghi, Cornel Pătrașcu : O metodă foarte economică de recuperare a căldurii reziduale în instalațiile tehnologice din rafinării, nr. 7, p. 292—297.
7. Liviu Canciu, Nicolae Oprișiu, Constantin Zamfira, Mihai Ploscaru : Simularea pe calculator numeric a pornirii unei acționări cu motor asincron trifazat și cuplaj centrifugal, nr. 7, p. 298—301.
8. Constantin Haiduc, Mioara Mirea : Cercetări privind recuperarea resurselor energetice refolosibile la Întreprinderea de Utilaj Chimic „Grivița Roșie" București și Întreprinderea de Garnituri de Frînă și Etanșare — Rîmnicu Sărat, nr. 7, p. 302—308.

III. Dezvoltarea sistemelor energetice

1. Eugeniu Pavel, Victor Romert : Probleme actuale și de perspectivă ale sistemului electroenergetic românesc, nr. 1, p. 36—41.
2. Mircea Ciobanu : Unele probleme ale dezvoltării rețelelor SEN în cincinalul 1986—1990, nr. 12, p. 538—540.

IV. Conducerea și automatica SE

1. Alexandru Poeată, Gheorghe Georgescu, Nina Poeată, Violeta Țăranu, Nicolae Sufletel : Posibilitatea de utilizare a graficelor tip de sarcină ale consumatorilor în studiile de dezvoltare și pentru exploatarea rațională a rețelelor electrice urbane, nr. 2, p. 60—64.
2. Apolon Mihailovici : Unele situații de funcționare falsă a protecției homopolare de tensiune pe bara de 6 kV a unei hidrocentrale, nr. 2, p. 74—78.
3. Gheorghe Georgescu, Dan Mihăilescu, Ion Rentea : Determinarea experimentală a elementelor necesare stabilirii treptelor de DASf la consumator în cazul trecerii în regim insular al platformelor energetice, nr. 7, p. 308—313.
4. Viorel Grigoriu : Îmbunătățirea metodelor practice de calcul al efectelor termice ale curenților de scurtcircuit, nr. 8, p. 337—346.
5. George Moraite, Andrei Cristovici, Anca Popescu, Ștefania Velicu : Funcțiunile automaticii centralizate din stația de 750/400 kV Isaccea, corelarea cu automaticile din U.R.S.S. și R.P.B. și condițiile tehnice pentru aparatajul cu care trebuie realizată, nr. 12, p. 540—546.

V. Centrale termoelectrice

1. Gabriel Romașcu, Anton Roșu : Preîncălzitoare de aer cu țevi de sticlă, nr. 1, p. 25—32.
2. Cornel Ungureanu, Paul Dan Oprișa : Unele aspecte ale arderii șistului bituminos de Anina în focarele puternic ecranate ale generatoarelor de abur, nr. 1, p. 32—35.
3. Luminița Popescu, Dumitru Bicleșanu, Constantin Cazacu, Doru Stănciulescu, Dan Chiriță : Gama de cazane de abur și apă fierbinte echipate cu grătar cu împingere răsturnată. Încheierea acțiunii de omologare, nr. 2, p. 49—52.
4. Constantin Brătianu : Modelarea cu elemente finite a unui cîmp termic conductiv unidirecțional, nr. 2, p. 53—60.
5. Vladimir Nicu : Perioada optimă de funcționare a unui bloc energetic de mare putere între două revizii succesive, nr. 2, p. 64—67.
6. Lucia Eugenia Roșca : Centrale electrice pe bază de cărbune în prezentul și viitorul energeticii românești, nr. 3, p. 97—99.
7. Damian Grecov, Ion Dina : Modelarea transferului de căldură în focare de cazane funcționînd cu combustibili solizi, nr. 3, p. 99—103.
8. Teodor Popa : Metodă aproximativă de calcul al înălțimii flăcării de cărbune brun, nr. 3, p. 103—105.
9. Ion Müller, Tudor Ciortan : Arderea combustibililor solizi pulverizați în medii dense, nr. 3, p. 105—114.
10. Valentina Bălan, Silvia Picu : Cercetarea experimentală privind îmbunătățirea șisturilor bituminoase românești prin spălare în medii dense, nr. 3, p. 114—119.
11. Liviu Costea, Teodor Popa, Luminița Popescu, Mircea Rădulescu, Cristian Totolo : Experimentarea lignitilor cu umiditate ridicată din bazinul Sfintul Gheorghe, nr. 3, p. 120—122.
12. Anton Roșu : Recuperarea căldurii reziduale a gazelor de ardere evacuate din cazanele de abur, nr. 3, p. 123—132.
13. Eugen Crețu : Curățirea chimică și pasivizarea suprafețelor interioare ale țevilor subansamblurilor cazanelor de abur prin metoda semistatică, nr. 8, p. 346—354.
14. Ion Istrate : Cauze și interpretări de vibrații ale mașinilor energetice, nr. 8, p. 354—358.
15. Anton Roșu : Preîncălzitoare de aer cu tuburi termice pentru cazane cu abur, nr. 8, p. 358—369.
16. Anton Roșu : Preîncălzitoare de aer cu tuburi termice. Experimentări la CET Oradea, nr. 9, p. 416—424.

17. Arsene A. Rădoi : Acționarea hibridă a sistemului de transport minier ROM-BAND-AR-1, nr. 10, p. 440—443.
18. Monica Sava : Modificarea înălțimii efective de tiraj a turnurilor de răcire datorită convecției de la partea inferioară a coșului, nr. 10, p. 444—446.
19. Mircea Rădulescu, Cristian Totolo, Emil Trifa : Rezultatele cercetărilor experimentale privind funcționarea cazanului de 165 t/h din CTE Oradea cu concentratoare centrifugale de praf de cărbune, nr. 10, p. 447—450.
20. Călin Mihăileanu : Preocupări privind disponibilitatea centralelor termoelectrice, nr. 10, p. 474—476.
21. Mihai Semedrea, Vasile Mivu : Probleme de actualitate în proiectarea camerelor de comandă din termocentrale, nr. 11, p. 486—491.
22. Mircea Rădulescu, Ion Bolma : Evaluarea pierderilor prin ardere mecanic incompletă la cazane cu funcționare pe lignit cu insuflare directă a aerului în focar, nr. 11, p. 491—497.
23. Florin Alexe, Adrian Ruiu : Soluții de eliminare a deficiențelor datorate scăderii presiunii aburului la priza urbană a turbinei DSL-50, nr. 11, p. 497—501.
24. Mircea Rădulescu : Direcții de cercetare și rezultate obținute privind perfecționarea tehnologiilor de ardere a lignitului și reducerea consumului de hidrocarburi suport de flacără la cazanele cu funcționare pe lignit din centralele electrice din R.S.R., nr. 12, p. 546—553.

VI. Centrale hidroelectrice

1. Dumitru Tatu, Xenofon Trandafir : Studiul betoanelor hidrotehnice pentru amenajările hidroenergetice realizate pe riul Olt, nr. 7, p. 313—320.
2. Sabin Budu, Ana Apostoiu, Zaharia Drinovan : Probleme actuale de chimie a materialelor de construcție la centralele hidroelectrice, nr. 8, p. 370—376.
3. Gheorghe Opriș : Evoluția concepției și soluțiilor echipamentului mecanic al centralelor hidroelectrice. I. Echipamentul principal, nr. 10, p. 451—454.
4. Gheorghe Opriș : Evoluția concepției și soluțiilor echipamentului mecanic al centralelor hidroelectrice. II. Echipamentul hidromecanic, nr. 11, p. 518—523.

VII. Centrale nuclearoelectrice

1. Gheorghe Bălan, Alexandru Blada, George Manolescu, Constantin Racoveanu : Aspecte ale dezvoltării energeticii nucleare, nr. 11, p. 511—517.
2. Silvia Ciobanu, Paul Duca, Elena Müller : Aspecte privind soluția optimă de răcire pentru CNE Transilvania 5 × ×700 MW, nr. 12, p. 553—560.

VIII. Rețele electrice

1. Adrian Gorgan : Cercetări privind oportunitatea aprecierii conținutului de umiditate în izolația transformatoarelor de putere prin coeficientul de absorbție R_{15}/R_{60}, nr. 2, p. 72—74.
2. Gheorghe Bucea, Marilena Măiereanu : Experiență în exploatarea, întreținerea și repararea cablurilor de energie de 110 kV, nr. 6, p. 241—251.
3. Traian-G. Ionescu, Marina Neagoe : Evaluarea sarcinilor electrice de calcul în rețelele electrice de distribuție, nr. 6, p. 252—261.
4. Nicolae Oprisiu, Liviu Canciu : Alegerea coordonată a echipamentului electric din serviciile proprii ale centralelor electrice (CTE, CET, CNE), nr. 9, p. 392—394.
5. Constantin Munteanu, Mihai Mocanu, Ion Diaconu : Concepția de proiectare a elementelor LEA de înaltă tensiune ținînd cont de experiența lucrului sub tensiune în R. S. România, nr. 9, p. 394—399.
6. Bálász Máthe, Valeriu Panaite : Creșterea siguranței în funcționare a cablurilor electrice prin încercări de fiabilitate, nr. 9, p. 399—405.
7. Gheorghe Ionașcu : Sisteme de conducere de la distanță a stațiilor electrice de transformare și conexiuni și mod de rezolvare a unora din implicații, nr. 9, p. 405—411.
8. Traian-G. Ionescu, Eugeniu Pavel : Normalizarea tensiunii joase în distribuția energiei electrice, nr. 10, p. 455—463.
9. Pavel Buhuș, Gheorghe Comănescu : Cu privire la economisirea energiei prin normarea densității economice de curent la liniile electrice de distribuție, nr. 10, p. 464—466.

IX. Alimentarea cu căldură

1. Adrian Oprițoiu, Adela Gîrbu : Contribuții la calculul eficienței reale a proceselor de producere a energiei termice, nr. 11, p. 501—507.

X. Surse și tehnologii noi

1. Ioan Anton, Gheorghe Voicu, Francisc Gyulai, Cornel Albu : Concepția grupului aerogenerator de 1000 kW — obiectiv tehnic de vîrf în energetica surselor neconvenționale, nr. 5, p. 194—201.
2. Constantin Popescu, Ștefan Marin, Ioan Turcu, Mihai Lauric : Heliostate experimentale pentru centrala solară electrică, nr. 5, p. 201—207.
3. Constantin Popescu, Dorin Marcel Potlog : Determinarea pierderilor de putere datorate abaterilor sistematice de poziționare a heliostatelor la o centrală solară electrică cu turn, nr. 5, p. 207—210.
4. Radu Savulian, Ludmila Țințăreanu : Orientarea automată a heliostatelor la o centrală solară cu turn, nr. 5, p. 210—213.
5. Doina Moraru, Mircea Stoian, Victor Teodorescu, Mircea Drăgan, Marian Bâcu-Colfescu : Aspecte privind proiectarea primei centrale solare termice montane din România, nr. 5, p. 214—216.
6. Alexandru Mihăilă, Adriana Predica, Adrian Butacu : Cicluri reale de funcționare ale unei instalații de stocare chimică a căldurii, nr. 5, p. 216—219.
7. Constantin Iulian, Petru Dan Lazăr : Considerații privind implementarea hidrocentralelor marine pe digurile de larg ale porturilor românești, nr. 5, p. 220—225.
8. Vladimir Stoenescu, Eugen Butnaru : Recuperarea căldurii de joasă temperatură cu grupuri turbogeneratoare cu fluide organice, nr. 5, p. 226—230.
9. Gheorghe Constantin Hobeanu, Constantin Popescu : Criterii pentru alegerea agenților de lucru la instalații de turbină de joasă temperatură, nr. 5, p. 230—236.
10. Gheorghe Constantin Hobeanu : Variația randamentului instalației de turbină recuperatoare la modificarea temperaturii de intrare, nr. 7, p. 321—326.
11. Doina Moraru : Criterii pentru estimarea costurilor limită ale captatoarelor solare, nr. 8, p. 376—377.
12. Romulus Sfichi : Aspecte privind inventarierea și valorificarea potențialului energetic eolian din Podișul Sucevei, nr. 9, p. 411—415.
13. Mihai G. M. Pop, Florin Chiriac, Mircea Ghițulescu : Instalația de preparare a apei calde de consum cu pompă cu compresie-absorbție. Construcție, montaj și punere în funcțiune, nr. 12, p. 560—563.

XI. Tehnologii chimice în energetică. Poluare

1. Louis Stanisavlievici : Probleme ale preparării apei pentru industrie, nr. 4, p. 146—150.
2. Maria Maftei, Alice-Anca Cocoș : Tehnologia de condiționare a apelor din circuitele de răcire ale condensatoarelor, nr. 4, p. 150—151.
3. Alexandru Turasy : Regimul chimic la cazanele de 1035 t/h, nr. 4, p. 151—152.
4. Ana Niculescu : Probleme chimice apărute la omologarea cazanului de 420 t/h pe lignit, nr. 4, p. 152—153.
5. Lucian Negulescu, Mihail Ceclan, Rodica Ceclan : Model de calcul pentru stabilirea tehnologiei de tratare a apei în centralele termice industriale, nr. 4, p. 153—156.
6. Elena Chirica, Mihai Chirica : Dependența în funcționare a turbinelor cu parametri supracritici de calitatea aburului, nr. 4, p. 157—159.

7. Nicolae Nină : Probleme de chimie actuale și de perspectivă în proiectarea centralelor termoelectrice, nr. 4, p. 159—160.
8. Maria Maftei, Constantin Cuibac-Picu, Victoria Dănet : Instalația pilot pentru îmbogățirea lignitului de la CTE Rovinari, nr. 4, p. 161—162.
9. Ioana Goleșteanu : Viteza de ardere a reziduului carbonos cu aplicație la șistul bituminos de Anina, nr. 4, p. 163—165.
10. Elena Săndulescu, Constantin Spătaru : Considerații asupra unor factori de influență în determinarea rapidă în flux a puterii calorifice inferioare a ligniților prin metoda radiometrică, nr. 4, p. 166—170.
11. Ioan Ifrim : Determinarea continuă a puterii calorice a gazelor combustibile, nr. 4, p. 171.
12. Ștefan Pantu : Utilizarea lubrifianților greu inflamabili, nr. 4, p. 172—173.
13. Alexandra Popescu : Realizarea în țară a uleiurilor electroizolante aditivate, nr. 4, p. 173—175.
14. Alice-Anca Cocoș : Procedeu privind pasivizarea inițială a țevilor de alamă ale condensatoarelor de abur, nr. 4, p. 176—177.
15. Florina Vasile : Metode de conservare a cazanelor de 1035 t/h în perioadele de oprire mai mari de 15 zile, nr. 4, p. 177—178.
16. Mihai Chirica : Probleme de natură chimică la punerea în funcțiune a centralelor nuclearoelectrice, nr. 4, p. 179—180.
17. Lelian Cioroianu : Soluție ignifugă pentru protejarea cablurilor electrice APSA—C, nr. 4, p. 180—181.
18. Virginia Munteanu : Inhibitor de coroziune pentru spălări acide de punere în funcțiune TRIAV-M, nr. 4, p. 182—183.
19. Gabriela Cioroianu, Rodica Cornea : Material termoizolant pentru izolația termică a coșurilor de fum din centrale termoelectrice, nr 4, p. 183—184.
20. Mariana Horchi : Compound de etanșare PAV-H pentru etanșarea generatoarelor electrice, nr. 4, p. 185—186.
21. Valentina Bălan : Calitatea șisturilor bituminoase utilizate pentru alimentarea CTE Anina și tehnologii de preparare în vederea creșterii conținutului caloric, nr. 7, p. 327—331.
22. Ioana Goleșteanu : Analiza termică — o nouă metodă de investigare a comportării cărbunilor în procesul de ardere, nr. 9, p. 424—427.
23. Adrian Radu, Iancu Hincu, Mihail Luca, Constantin Horga, Maria Maftei, Cornel Moțiu : Studiul dispersiei atmosferice de poluanți prin simulare în canal hidraulic, nr. 11, p. 507—511.

Din istoricul electrificării (IST)

1. Constantin Ostap, Mihai Caba : Din istoricul energeticii ieșene, nr. 6, p. 269—271.
2. Eugeniu Pavel, Costin Rucăreanu : Din istoria publicațiilor privind domeniul energeticii. Revista „Energia", nr. 6, p. 272—274.
3. Paul Cartianu : 100 de ani de la întocmirea primului proiect de folosire complexă a Dîmboviței, nr. 7, p. 332—333.
4. Paul Cartianu : Primele instalații mecanice din România acționate de motoare cu abur cu piston, nr. 8, p. 380.
5. Radu Zane : Scurtă istorie a rețelelor electrice, nr. 10, p. 467—470.
6. Petre Bulighin : Din istoricul societății Electrica la 80 de ani de la începuturile activității, nr. 10, p. 470—475.
7. Paul Cartianu : 30 de ani de energetică nucleară, nr. 11, p. 523—525.

Manifestări tehnico-științifice (MTS)

1. * * * Al III-lea Simpozion Național al Rețelelor Electrice — Timișoara, 25—26 octombrie 1984, nr. 1, p. 43—44.
2. * * * Al XIII-lea Congres al Conferinței Mondiale a Energiei, Cannes 5—11 octombrie 1986, nr. 2, p. 89.
3. Hermina Albert : 35 de ani de studii și proiectare în energetică. Sesiunea de comunicări tehnico științifice ISPE-ISPH „Utilizarea rațională și eficientă a resurselor energetice ale țării", nr. 3, p. 135—137.
4. Elena Chirica : Simpozionul „Probleme actuale ale protecției, tratării și epurării apelor în Republica Socialistă România", nr. 4, p. 186.
5. Ana Niculescu : Consfătuirea de lucrul cu tema „Asigurea calității apei în centralele termoelectrice", nr. 4, p. 186—187.
6. Sanda Popescu : Consfătuire de lucru cu tema „Utilizarea uleiurilor electroizolante în sectorul energetic", nr. 4, p. 187.
7. Gheorghe Bălan : Concluzii și orientări rezultate din Sesiunea de comunicări tehnico-științifice ICEMENERG, 27—28 septembrie 1985, nr. 12, p. 564—568.

Puncte de vedere (PDV)

1. Constantin I. Staicu : Generalizarea concluziilor demonstrațiilor particulare ale teoremei Fermat, nr. 3, p. 138—140.

Index alfabetic al autorilor articolelor apărute în revista Energetica vol. XXXIII (1985)

Albert Hermina, nr. 3, p. 136 (MTS, 3)
Albu Cornel, nr. 5, p. 194 (X, 1)
Alexe Florin, nr. 11, p. 497 (V, 23)
Anton Ioan, nr. 5, p. 194 (X, 1)
Apostoiu Ana, nr. 8, p. 370 (VI, 2)

Bălan Gheorghe, nr. 11, p. 511 (VII, 1), nr. 12, p. 564 (MTS, 7)
Bălan Valentina, nr. 3, p. 114 (V, 10), nr. 7, p. 327 (XI, 21)
Bărbulescu Emanoil, nr. 12, p. 532 (I, 5)
Bîcu-Colfescu Marian, nr. 5, p. 214 (X, 5)
Bicleșanu Dumitru, nr. 2, p. 49 (V, 3)
Blada Alexandru, nr. 11, p. 511 (VII, 1)
Bolma Ion, nr. 11, p. 491 (V, 22)
Brătianu Constantin, nr. 2, p. 53 (V, 4)

Bucea Gheorghe, nr. 6, p. 241 (VIII, 2)
Budu Sabin, nr. 8, p. 370 (VI, 2)
Buhuș Pavel, nr. 2, p. 67 (I, 2), nr. 10, p. 464 (VIII, 9)
Bulighin Petre, nr. 10, p. 470 (IST, 6)
Butacu Adrian, nr. 5, p. 216 (X, 6)
Butnaru Eugen, nr. 5, p. 223 (X, 8)

Caba Mihai, nr. 6, p. 269 (IST, 1)
Calcișcă Dan, nr. 12, p. 532 (I,5)
Canciu Lviu, nr. 1, p. 11 (II, 2), nr 7, p. 298 (II, 7) nr. 9, p. 392 (VIII, 4)
Cartianu Paul, nr. 7, p. 332, (IST, 3), nr. 8, p. 380 (IST, 4), nr. 11, p. 523 (IST, 7)
Cazacu Constantin, nr. 2, p. 49 (V, 3)
Ceclan Mihail, nr. 4, p. 153 (XI, 5)

Ceclan Rodica, nr. 4, p. 153 (XI, 5)
Chiriac Florin, nr. 12, p. 560 (X, 13)
Chirica Elena, nr. 4, p. 157 (XI, 6), nr. 4, p. 186 (MTS, 4)
Chirica Mihai, nr. 4, p. 157 (XI, 6), nr. 4, p. 179 (XI, 16)
Chiriță Dan, nr. 2, p. 49 (V, 3)
Ciobanu Mircea, nr. 12, p. 538 (III, 2)
Ciobanu Silvia, nr. 12, p. 553 (VII, 2)
Cioroianu Gabriela, nr. 4, p. 183 (XI, 19)
Cioroianu Lelian, nr. 4, p. 180 (XI, 17)
Ciortan Tudor, nr. 3, p. 105 (V, 9)
Cocoș Alice-Anca, nr. 4, p. 150 (XI, 2) nr. 4, p. 176 (XI, 14)
Cocoș Emanoil, nr. 2, p. 84 (II, 4)
Comănescu Gheorghe, nr. 2, p. 67 (I, 2), nr. 10, p. 464 (VIII, 9)

Cornea Rodica, nr. 4, p. 183 (XI, 19)
Costea Liviu, nr. 3, p. 120 (V, 11)
Cotenescu Șerban, nr. 1, p. 14 (II, 3)
Crețu Eugen, nr. 8, p. 346 (V, 13)
Cristovici Andrei, nr. 12, p. 540 (IV, 5)
Cserveny Iosif, nr. 12, p. 532 (I,5)
Cuibac-Picu Constantin, nr. 4, p. 161 (XI, 8)

Dăneț Victoria, nr. 4, p. 161 (XI, 8)
Diaconu Ion, nr. 9, p. 394 (VIII, 5)
Dina Ion, nr. 3, p. 99 (V, 7)
Dobrinescu Dumitru, nr. 7, p. 292 (II, 6)
Drăgan Mircea, nr. 5, p. 214 (X, 5)
Drinovan Zaharia, nr. 8, p. 370 (VI, 2)
Duca Paul, nr. 12, p. 553 (VII, 2)
Duduica Radu, nr. 12, p. 532 (I, 5)
Duma Mario, nr. 7, p. 289 (E.3.), nr. 12, p. 532 (I, 5)

Epure Georgeta, nr. 12, p. 532 (I, 5)

Fulger Dan, nr. 12, p. 532 (I, 5)

Georgescu Gheorghe, nr. 2, p. 60 (IV, 1), nr. 7. p. 308 (IV, 3)
Ghițulescu Mircea, nr. 12, p. 560 (X, 13)
Gîrbu Adela, nr. 11, p. 501 (IX, 1)
Goleșteanu Ioana, nr. 4, p. 163 (XI, 9) nr. 9, p. 424 (XI, 22)
Gorgan Adriean, nr. 2, p. 72 (VIII, 1)
Grecov Damian, nr. 3, p. 99 (V, 7)
Grigoriu Viorel, nr. 8, p. 337 (IV, 4)
Gyulai Francisc, nr. 5, p. 194 (X, 1)

Haiduc Constantin, nr. 7, p. 302 (II, 8)
Hîncu Iancu, nr. 11, p. 507 (XI, 23)
Hobeanu Gheorghe-Constantin, nr. 5, p. 230 (X, 9), nr. 7, p. 321 (X, 10)
Horchi Mariana, nr. 4, p. 185 (XI, 20)
Horga Constantin, nr. 11, p. 507 (XI, 23)
Hurduc Neculai, nr. 9, p. 385 (I, 4)

Ifrim Ioan, nr. 4, p. 171 (XI, 11)
Ionașcu Gheorghe, nr. 9, p. 405 (VIII, 7)
Ionescu-G. Traian, nr. 6, p. 252 (VIII, 3) nr. 10, p. 455 (VIII, 8)
Istrate Ion, nr. 8, p. 354 (V, 14)
Iulian Constantin, nr. 5, p. 220 (X, 7)

Lauric Mihai, nr. 5, p. 201 (X, 2)
Lazăr Petru Dan, nr. 5, p. 220 (X, 7)
Luca Mihail, nr. 11, p. 507 (XI, 23)
Lup Liviu, nr. 2, p. 78 (I, 3)

Maria Maftei, nr. 4, p. 145 (E. 1), nr. 4, p. 150 (XI, 2), nr. 4, p. 161 (XI, 8), nr. 11, p. 507 (XI, 23)
Manolescu George, nr. 11, p. 511 (VII, 1)
Marin Ștefan, nr. 5, p. 201 (X, 2)
Marinescu George, nr. 1, p. 1 (I, 1)
Máthé Balász, nr. 9, p. 399 (VIII, 6)
Măiereanu Marilena, nr. 6, p. 241 (VIII, 2)
Măries Horia, nr. 2, p. 84 (II, 4)
Mihailovici Apolon, nr. 2, p. 74 (IV, 2)
Mihăilă Alexandru, nr. 5, p. 216 (X, 6)
Mihăileanu Călin, nr. 5, p. 193 (E. 2), nr. 10, p. 437 (E.5), nr. 10, p. 474 (V, 20)
Mihăilescu Dan, nr. 7, p. 308 (IV, 3)
Mirea Mioara, nr. 7, p. 302 (II, 8)
Mivu Vasile, nr. 11, p. 486 (V, 21)
Mocanu Mihai, nr. 9, p. 394 (VIII, 5)
Moraite George, nr. 12, p. 540 (IV, 5)
Moraru Doina, nr. 5, p. 214 (X, 5), nr. 8, p. 376 (X, 11)
Moțiu Cornel, nr. 11, p. 507 (XI, 23)
Munteanu Constantin, nr. 9, p. 394 (VIII, 5)
Munteanu Virginia, nr. 4, p. 182 (XI, 18)
Müller Elena, nr. 12, p. 553 (VII, 2)
Müller Ion, nr. 3, p. 105 (V, 9)

Neagoe Marina, nr. 6, p. 252 (VIII, 3)
Negulescu Lucian, nr. 4, p. 153 (XI, 5)
Nicu Vladimir, nr. 2, p. 64 (V, 5)
Niculescu Ana, nr. 4, p. 152 (XI, 4), nr. 4, p. 186 (MTS, 5)
Nină Nicolae, nr. 4, p. 159 (XI, 7)

Opriș Gheorghe, nr. 10, p. 451 (VI, 3) nr. 11, p. 518 (VI, 4)
Oprișa Paul Dan, nr. 1, p. 32 (V, 2)
Oprișiu Nicolae, nr. 1, p. 11 (II, 2), nr. 7, p. 298 (II, 7) nr. 9, p. 392 (VIII, 4)
Oprițoiu Adrian, nr. 11, p. 501 (IX, 1)
Ostap Constantin, nr. 6, p. 269 (IST, 1)

Panaite Valeriu, nr. 9, p. 399 (VIII, 6)
Panțu Ștefan, nr. 4, p. 172 (XI, 12)
Pavel Eugeniu, nr. 1, p. 36 (III, 1), nr. 6, p. 272 (IST, 2), nr. 10, p. 455 (VIII,8)
Pătrașcu Cornel, nr. 7, p. 292 (II, 6)
Picu Silvia, nr. 3, p. 114 (V, 10)
Ploscaru Mihai, nr. 7, p. 298 (II, 7)
Poeată Alexandru, nr. 2, p. 60 (IV, 1)
Poeată Nina, nr. 2, p. 60 (IV, 1)
Pop G. M. Mihai, nr. 12, p. 560 (X, 13)
Popa Teodor, nr. 3, p. 103 (V, 8) nr. 3, p. 120 (V, 11)
Popescu Alexandra, nr. 4, p. 173 (XI, 13) nr. 4, p. 187 (MTS,6)
Popescu Anca, nr. 12, p. 540 (IV, 5)
Popescu Constantin, nr. 5, p. 201 (X, 2), nr. 5, p. 207 (X, 3), nr. 5, p. 230 (X, 9)
Popescu Luminița, nr. 2, p. 49 (V, 3), nr. 3, p. 120 (V, 11)
Popescu Marius, nr. 2, p. 84 (II, 4)
Potlog Dorin Marcel, nr. 5, p. 207 (X, 3)
Predica Adriana, nr. 5, p. 216 (X, 6)
Pribiag Gheorghe, nr. 12, p. 532 (I, 5)

Racoveanu Constantin, nr. 11, p. 511 (VII, 1)
Radu Adrian, nr. 11, p. 507 (XI, 23)
Rădoi A. Arsene, nr. 10,p. 440 (V, 17)
Rădulescu Mircea, nr. 3, p. 120 (V, 11) nr. 10, p. 447 (V, 19), nr. 11, p. 491 (V, 22), nr. 12, p. 546 (V, 24)
Rențea Ion, nr. 7, p. 308 (IV, 3)
Romașcu Gabriel, nr. 1, p. 25 (V, 1)
Romert Victor, nr. 1, p. 36 (III, 1)
Roșca Eugenia Lucia, nr. 3, p. 97 (V, 6), nr. 7, p. 289 (E.3), nr. 12, p. 529 (E.6)
Roșu Anton, nr. 1, p. 25 (V, 1), nr. 2, p. 123 (V, 12), nr. 8, p. 358, (V, 15), nr. 9, p. 416 (V, 16)
Rucăreanu Costin, nr. 6, p. 272 (IST, 2)
Ruiu Adrian, nr. 11, p. 497 (V, 23)

Sava Monica, nr. 10, p. 444 (V, 18)
Savulian Radu, nr. 5, p. 210 (X, 4)
Săndulescu Elena, nr. 4, p. 166 (XI, 10)
Semedrea Mihai, nr. 11, p. 486 (V, 21)
Sfichi Romulus, nr. 9, p. 411 (X, 12)
Somoghi Vasile, nr. 7, p. 292 (II, 6)
Spătaru Constantin, nr. 4, p. 166 (XI, 10)
Staicu I. Constantin, nr. 3, p. 138 (PDV)
Stanisavlievici Louis, nr. 4, p. 146 (XI, 1)
Stănciulescu Doru, nr. 2, p. 49 (V, 3)
Stoenescu Vladimir, nr. 5, p. 226 (X, 8)
Stoian Mircea, nr. 5, p. 214 (X, 5)
Sufletel Nicolae, nr. 2, p. 60 (IV, 1)

Tatu Dumitru, nr. 7, p. 313 (VI, 1)
Teaci Dmitru, nr. 9, p. 385 (I, 4)
Teodorescu Victor, nr. 5, p. 214 (X, 5)
Totolo Cristian, nr. 3, p. 120 (V, 11), nr. 10, p. 447 (V, 19)
Trandafir Xenofon, nr. 7, p. 313 (VI, 1)
Trifa Emil, nr. 10, p. 447 (V, 19)
Turasy Alexandru, nr. 4, p. 151 (XI, 3)
Turcu Ioan, nr. 5, p. 201 (X, 2)

Țăranu Violeta, nr. 2, p. 60 (IV, 1)
Țințăreanu Ludmila, nr. 5, p. 210 (X, 4)
Țuțuianu Ovidiu, nr. 6, p. 262 (II, 5)

Ungureanu Cornel, nr. 1, p. 32 (V, 2)

Vasile Florina, nr. 4, p. 177 (XI, 15)
Velicu Ștefania, nr. 12, p. 540 (IV, 5)
Voicu Gheorghe, nr. 5, p. 194 (X, 1)

Zamfira Constantin, nr. 1, p. 11 (II, 2), nr. 7, p. 298 (II, 7)
Zane Radu, nr. 11, p. 467 (IST, 5)

СОДЕРЖАНИЕ

ЛУЧИЯ ЭУДЖЕНИЯ РОШКА: **25 лет исследования** 529—531

МАРИО ДУМА, ИОСИФ ЧЕРВЕНИ, РАДУ ДУДУИКА, ГЕОРГЕ ПРИБЯГ, ДАН ФУЛДЖЕР, ДЖОРДЖЕТА ЭПУРЕ, ЭМАНОИЛ БЭРБУЛЕСКУ, ДАН КАЛЧИШКЭ: **Научный и технологический приоритет Румынии в области энергии. Анализ, обоснование, подбор, выдвижение** 532—538

МИРЧЯ ЧОБАНУ: **Некоторые вопросы по расширению сетей Национальной Энергетической Системы в пятилетке 1986—1990** 538—540

ДЖОРДЖЕ МОРАЙТЕ, АНДРЕЙ КРИСТОВИЧ, АНКА ПОПЕСКУ, ШТЕФАНИЯ ВЕЛИКУ: **Характеристики центральной автоматики в станции 750/400 кв Исакчя; соединение с оборудованием автоматики СССР и НРБ и техусловия по необходимой аппаратуре** 540—545

МИРЧЯ РЭДУЛЕСКУ: **Направление исследования и достигнутые результаты в улучшении технологии сжигания лигнита, а также в снижении расхода углеводородов для поддержки пламени в котлах сжигающих лигнит в ТЭС СРР** 546—553

СИЛВИЯ ЧОБАНУ, ПАУЛ ДУКА, ЭЛЕНА МЮЛЛЕР: **Оптимальное решение связанных с процессом охлаждения вопросов в АЭС Трансилвания 5—700 МВт** *(с изложением на английском языке)* 553—560

МИХАЙ Г. М. ПОП, ФЛОРИН КИРИЯК, МИРЧЯ ГИЦУЛЕСКУ: **Установка теплового насоса, абсорбционно-компрессорного типа для подготовки тепловой воды** — Пуск в эксплуатацию 560—563

ХРОНИКА

ГЕОРГЕ БЭЛАН: **Выводы и ориентировочные вопросы по Сессии научно-технических сообщений ИЧЕМЭНЕРГ, 27—28 сентября 1985 г.** 564—564

ИЗ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПО ВОПРОСАМ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ 568—569

РЕЦЕНЗИИ 569

ОБЩЕЕ СОДЕРЖАНИЕ ЖУРНАЛА ЭНЕРГЕТИКА НА 1985 г. 570—572

INHALTSVERZEICHNIS

LUCIA EUGENIA ROŞCA: **25 Jahre Forschung** 529—531

MARIO DUMA, IOSIF CSERVENY, RADU DUDUICA, GHEORGHE PRIBIAG, DAN FULGER, GEORGETA EPURE, EMANOIL BĂRBULESCU, DAN CALCIŞCĂ: **Wissenschaftliche und technische Prioritäten Rumäniens auf dem Gebiete der Energie. Analyse, Begründung, Auswahl, Förderung** 532—538

MIRCEA CIOBANU: **Einige Fragen der Entwicklung der Energienetze des Nationalen Energiesystems während des Fünfjahrplanes 1986—1990** 538—540

GEORGE MORAITE, ANDREI CRISTOVICI, ANCA POPESCU, ŞTEFANIA VELICU: **Die Funktionen der zentralisierten automatischen Regelungsanlagen der Trafo-Anlagen für 750/400 kV Isaccea, Korrelation mit den automatischen Regelungsanlagen aus der UdSSR und VRB und technische Bedingungen für die Geräte mit welchen sie hergestellt werden** 540—545

MIRCEA RĂDULESCU: **Forschungsrichtungen und Ergebnisse der Verbesserungstätigkeit auf dem Gebiet der Lignitverbrennungstechnologien und die Herabsetzung des Verbrauchs von Kohlenwasserstoffen als Flammenstütze bei den lignitbefeuerten Dampferzeugern aus den Kraftwerken der SRR** 546—553

SILVIA CIOBANU, PAUL DUCA, ELENA MÜLLER: **Aspkte der optimalen Kühlung für das Kernkraftwerk Transilvania mit 5×700 MW** *(mit einer Kurzfassung in Englisch)* 553—560

MIHAI G. M. POP, FLORIN CHIRIAC, MIRCEA GHIŢULESCU: **Anlage zur Aufbereitung von heissem Brauchwasser mit einer Druck-Absorptions-Wärmepumpe** 560—563

CHRONIK

GHEORGHE BĂLAN: **Schlussfolgerungen und Tendenzen im Ergebnis der wissenschaftlich-technischen Mitteilungssitzung ICEMENERG, der 27.—28. September 1985** 564—568

AUS DER TÄTIGKEIT DER INTERNATIONALEN KONFERENZ FÜR INDUSTRIELLE ENERGIEWIRTSCHAFT — IKIE 568—569

REZENSION 569

ALLGEMEINES INHALTSVERZEICHNIS DER ZEITSCHRIFT ENERGETICA FÜR 1985 570—572

SOMMAIRE

LUCIA EUGENIA ROŞCA: **25 ans de recherche** 529—531

MARIO DUMA, IOSIF CSERVENY, RADU DUDUICĂ, GHEORGHE PRIBIAG, DAN FULGER, GEORGETA EPURE, EMANOIL BĂRBULESCU, DAN CALCIŞCĂ: **Priorités scientifiques et technologiques en Roumanie dans le domaine de l'énergie. Analyse, fondement, sélection, promotion** 532—538

MIRCEA CIOBANU: **Quelques problèmes concernant le développement du réseau roumain dans le quinquennal 1986—1990** 538—540

GEORGE MORAITE, ANDREI CRISTOVICI, ANCA POPESCU, ŞTEFANIA VELICU: **Les fonctions de l'automatisation centralisée du poste de 750/400 kV Isaccea en corrélation avec les automatisations de l'Union Soviétique et de la Bulgarie et les conditions techniques pour l'appareillage utilisé à ce but** 540—545

MIRCEA RĂDULESCU: **Directions de recherche et les résultats obtenus concernant le perfectionnement des technologies de combustion du lignite et la réduction de l'apport d'hydrocarbures en support de la flamme dans les chaudières à lignite des centrales électriques de Roumanie** 546—553

SILVIA CIOBANU, PAUL DUCA, ELENA MÜLLER: **Aspects concernant la solution optimale du refroidissement de la centrale nucléaire Transilvania 5×700 MW** *(avec résumé en anglais)* 553—560

MIHAI G. M. POP, FLORIN CHIRIAC, MIRCEA GHIȚULESCU : **Installation pour la préparation de l'eau chaude utilisant une pompe à chaleur à compression-absorption. Mise en service** 560—563

CHRONIQUE

GHEORGHE BĂLAN : **Conclusions résultées à la suite de la Session de communications technico-scientifiques ICEMENERG, 27—28 septembre 1985** 564—568

DE L'ACTIVITÉ DE LA CONFÉRENCE INTERNATIONALE D'ÉNERGÉTIQUE INDUSTRIELLE — CIEI 568—569

COMPTE-RENDUE 569

LE SOMMAIRE GÉNÉRAL DE LA REVUE ENERGETICA EN 1985 570—572

SUMMARIES

LUCIA EUGENIA ROȘCA : **25 Years of Research** 529—531

MARIO DUMA, IOSIF CSERVENY, RADU DUDUICA, GHEORGHE PRIBIAG, DAN FULGER, GEORGETA EPURE, EMANOIL BĂRBULESCU, DAN CALCIȘCĂ : **Scientific and Technological Priorities of Romania in Energy. Analysis, Demonstration, Selection, Promotion**

The conception, methods and the main stages of the outlining process of the problems whose solving is of a prioritary interest for Romania in the field of energy, in the scintific research and the own technological development as well as in the international technical and scientific cooperation and collaboration activities are presented.

On the basis of a system of technical and economic indicators calculated for the main variants of technical development approached within the different branches and specialities, there have been maintained in analysis those variants liable to enable a future maximum energetic contribution, responding at the same time to criteria of feasibility, economic efficiency, etc. On the other hand, from the qualitative analysis of the consumption and production of energy sources there have been outlined the critical items which need new technological solutions ; the conclusions reflected from the analysis of worldwide concerns and tendencies and particularly of the COMECON countries have been considered. The promotion of the established priorities has been and is observed on the occasion of drafting the plans and programs, of approval and directioning the different concrete researches for the future, of outlining the necessar material and organisatoric conditions etc.

[Energetica 33 (1985), *nr.* 12, *p.* 532—538*]*

DC 621.311 :621.311.1.004.1

MIRCEA CIOBANU : **Some Present Development Problems of the National Grid Networks in the 1986—1990 Five-Year-Plan**

The paper describes the present operation situation of the national grid networks and analyzes the main development trends of the transport network needed for power release from large power plants as well as for the supply of some areas of the country suffering from shortage. The influence on the transport network development of a new interconnection with the neighbouring countries is shown.

[Energetica 33 (1985), *nr.* 12, *p.* 538—540*]*

DC 621.311 : 4 : 621.3.52

GEORGE MORAITE, ANDREI CRISTOVICI, ANCA POPESCU, ȘTEFANIA VELICU : **The Functions of the Centralized Automatic Control of the 750/400 kV Substation Isaccea, Correlation With the Automatic Controls Existing in the USSR and Bulgaria and the Technical Requirements Imposed on the Manufacturing Equipment**

The energetic conditions under which the automatic control must operate, the actions to be carried out, the correlation manner of the actions with the actions of the centralized automatic controls from the USSR and Bulgaria from the point of view of a timely operation and thus certain technical conditions imposed on the equipment are presented.

[Energetica 33 (1985), *nr.* 12, *p.* 540—545*]*

DC 621.311 : 662.642 : 662.61

MIRCEA RĂDULESCU : **Research Trends and Results Obtained in Lignite Burning Technologies and Flame Support Hydrocarbons Consumption Decrease in the Lignite Fuelled Power Plants of Romania**

The paper presents the main directions investigated with ICEMENERG — Energy Research and Modernizing Institute — for improving the pulverized lignite combustion systems and reducing the flame support hydrocarbons consumption. The results of several research stages and the solution taken into consideration for high capacity boiler modernizing and new steam boilers and hot water boilers conception are given.

The paper describes also the present and future research directions for improving the pulverized lignite combustion technologies and the reducing at a minimum of the hydrocarbons burnt in the high capacity steam generators.

[Energetica 33 (1985), *nr.* 12, *p.* 546—553*]*

DC 621.311.25 : 621.039

SILVIA CIOBANU, PAUL DUCA, ELENA MÜLLER : **Aspects Regarding the Optimal Cooling Solution for the 5×700 MW Nuclear Power Plant Transylvania** (*with a short presentation in English*)

The paper contains a short presentation of worldwide applied solutions for watter cooling in the nuclear power plants, pointing out subsequently the specific aspects of the nuclear power plant Transylvania endowed with CANDU nuclear power units which have been operated so far only in open cooling circuit. The premises and the manner to achieve thermal, aerodynamic and economic calculations for the cooling towers of the nuclear power plant Transylvania are presented.

[Energetica 33 (1985), *nr.* 12, *p.* 553—560*]*

DC 621.181.63.002.1

MIHAI G. M. POP, FLORIN CHIRIAC, MIRCEA GHIȚULESCU : **Hot Household Water Facility With a Compression-Absorption Heat Pump**

The paper presents a hot household water facility with a compression-absorption heat pump, using low grade waste heat contained in the cooling water discharged from the air compressor plant of the 23 August Plants Bucharest. The commissioning of the facility, the problems occured and their solving as well as the first experimental operation results are presented.

[Energetica 33 (1985), *nr.* 12, *p.* 560—563*]*

CHRONICS

GHEORGHE BĂLAN : **Conclusions and Trends Resulted from the Technical Scientific Papers Session ICEMENERG, September 27—28, 1985** 564—568

FROM THE ACTIVITY OF THE INTERNATIONAL INDUSTRIAL ENERGY CONFERENCE 568—569

REVIEW 569

CONTENTS OF THE REVIEW ENERGETICA FOR THE YEAR 1985 570—572

COLEGIUL DE REDACȚIE

Președinte, redactor responsabil : **dr. ing. Călin Mihăileanu**

Redactori responsabili adjuncți : **dr. ing. Nicolae Armencoiu, dr. ing. Gheorghe Bălan**

Secretar de redacție : **dr. ing. Eugeniu Pavel**
Gestiune financiară : **ec. Gheorghe Ursache**

Orientări în energetică : **dr. ing. Mario Duma**
Energetica în unități economice : **ing. Ion Măiereanu**
Dezvoltarea sistemelor energetice : **dr. ing. George Manolescu**

Conducerea și automatica SE : **dr. ing. Victor Romert, dr. ing. Jean Constantinescu**

Centrale termoelectrice : **conf. dr. ing. Costin Moțoiu, ing. Romeo Zbarcea, dr. ing. Teodor Popa, ing. Horia Furtunescu**

Centrale hidroelectrice : **dr. ing. Gheorghe Lucă**
Centrale nuclearoelectrice : **ing. Adrian Georgescu**
Rețele electrice : **ing. Dinu Voinea, ing. Nicolae Georgian**
Alimentare cu căldură : **ing. Nicolae Niculescu**
Surse și tehnologii noi : **dr. ing. Alexandru Florescu**
Tehnologii chimice în energetică. Poluare : **dr. chim. Maria Maftei**

Organizarea muncii : **ing. Miron Popescu, ing. Dan Iosifescu**
Istoria energeticii : **ing. Paul Cartianu**
Buletin informativ : **ing. Mihai Nistor, ing. Romulus Sfichi**

Centre universitare și industriale :
București : **conf. dr. ing. Alexandru Selischi**
Iași : **prof. dr. ing. Alexandru Poeată**
Timișoara : **prof. dr. ing. Viorel Negru**
Cluj : **conf. dr. ing. Silviu Darie**

Revista ENERGETICA este editată și administrată de Institutul de Cercetări și Modernizări Energetice prin Oficiul de Informare Documentară pentru Energetică : **Vasile Pleșca** (șef OIDE), **Ana Maria Chivu** (redactor).

Revista ENERGETICA este publicație lunară devotată preocupărilor spirituale și realizărilor materiale în domeniul energeticii.

În revista ENERGETICA se publică :

Articole

Informații referitoare la : publicații recente (cărți, reviste), noutăți științifice și tehnice, invenții și inovații, experiență de exploatare, realizări tehnice remarcabile, manifestări tehnico-științifice naționale și internaționale (congrese, conferințe, simpozioane), titluri de articole de specialitate din alte reviste.

Materiale diverse : cronici, recenzii, discuții la articole publicate, puncte de vedere ale autorilor, concluziile discuțiilor în jurul meselor rotunde.

Instituțiile pot achita abonamentele în contul de virament nr. 30.11.8.01.01—BN R.S.R. Fil. Sector. 3. Costul unui abonament anual : 144 lei ; costul unei exemplar : 12 lei.

41 401

ANNOUNCEMENTS FOR READERS ABROAD

- **The review "Energetica" can send on request from publications abroad reports translated in one of the worldwide spoken languages**
- **The review "Energetica" proposes a publication exchange with similar reviews and in relating fields**
- **The review "Energetica" provides and publishes or introduces books on energy received at the editorial office. Reviews and presentations of books sent on this purpose to the editorial office can be published as well**
- **The review "Energetica" publishes on request from authors abroad reports of energy or other materials : technical and scientific news, inventions-innovations, information about technical and scientific symposia, etc. written in one of the worldwide spoken languages**
- **Readers from abroad can subscribe through : ILEXIM, Departamentul Export-Import Presă, P.O.Box 136—137, telex 11226, București, Str. 30 Decembrie, nr. 3.**

Redacția și administrația : București 79619, Bd. Energeticienilor nr. 8, sect. 3
Telefon : 20.67.30, 21.46.30

Tiparul : Întreprinderea Poligrafică
„Informația", București,
str. Brezoianu 23—25, c. 1716

Colectivul redacţiei revistei

ENERGETICA

urează cititorilor

şi colaboratorilor săi

succese deosebite

în activitate

şi realizarea

tuturor dorinţelor.

La

mulţi

ani,

1986!

TAGCH

TRUSTUL ANTREPRIZA GENERALA DE CONSTRUCTII HIDROENERGETICE BUCURESTI

STR. DIMITRIE ONCIUL NR. 23-25 TELEFON: 355470
SECTOR 2 COD: 70318 TELEX: 10244 P

1980 JUL 2

execută în ţară şi în străinătate centrale hidroelectrice şi lucrări hidrotehnice complexe